



Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo

Guía para colaboradores internacionales

G.A. Forbes • W. Pérez • J. Andrade-Piedra

Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo

Guía para colaboradores internacionales

© Centro Internacional de la Papa (CIP), 2014

ISBN: 978-92-9060-450-1

DOI:10.4160/9789290604501

Versión digital

Las publicaciones del CIP contribuyen con el desarrollo de importante información disponible para el público. Los lectores pueden citar o reproducir el material de nuestras publicaciones en sus propias publicaciones. El CIP tiene derechos de autor y solicita que se reconozca el uso de este material citándolo adecuadamente y enviando una copia de la publicación o el material donde aparezca la información.

Por favor envíe esta información al Departamento de Comunicaciones y Divulgación en la dirección indicada líneas abajo

Centro Internacional de la Papa. Apartado 1558, Lima 12, Perú

cip@cgiar.org • www.cipotato.org

Cita:

Forbes, G.; Pérez, W.; Andrade Piedra, J. 2014. Procedimiento para Evaluación Estándar y Manejo de Datos de Clones Avanzados de Papa. **Modulo 3: Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo**. Guía para Colaboradores Internacionales. Lima (Perú). Centro Internacional de la Papa (CIP). 50 p.

Créditos:

Editores: G.A. Forbes • W. Pérez • J. Andrade-Piedra

Fotografías: Willmer Pérez

Diagramación: Sofía Tejada

Traducción al español: Cyntia Zorrilla

Marcas registradas

Microsoft® es una marca registrada de la corporación Microsoft

Nota:

De acuerdo a nuestro conocimiento la información brindada en esta publicación es precisa. Sin embargo, los autores no asumen ninguna responsabilidad moral o legal por la exactitud o lo exhaustivo de la información, o consecuencias que surjan de su uso. Esta publicación ha sido realizada solo con el propósito de brindar información. La mención de nombres o productos comerciales no constituye una recomendación de uso por los autores.

Setiembre 2014



TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 5 |
| <i>Phytophthora infestans</i> , AGENTE CAUSAL DEL TIZÓN TARDÍO | 7 |
| TIZÓN TARDÍO | 8 |
| SÍNTOMAS DEL TIZÓN TARDÍO EN LAS HOJAS..... | 8 |
| SÍNTOMAS DEL TIZÓN TARDÍO EN LOS TALLOS | 8 |
| SÍNTOMAS DEL TIZÓN TARDÍO EN LOS TUBÉRCULOS | 8 |
| RESISTENCIA AL TIZÓN TARDÍO | 9 |
| ENSAYOS DE EVALUACIÓN DEL TIZÓN TARDÍO..... | 11 |
| LOCALIDADES: SELECCIÓN DE LUGARES PARA ENSAYOS DE BÚSQUEDA DE RESISTENCIA..... | 11 |
| MATERIALES: CLONES, TESTIGOS Y CALIDAD DEL MATERIAL SEMBRADO | 11 |
| DISEÑO EXPERIMENTAL | 12 |
| VARIABILIDAD DE LA ENFERMEDAD EN EL CAMPO | 12 |
| MANEJO DEL CAMPO: PROTECCIÓN DE LAS PLANTAS CON FUNGICIDAS . | 14 |
| EVALUACIÓN DE LA SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD..... | 14 |
| FUENTES DE ERROR CUANDO SE ESTIMA EL PORCENTAJE DE INFECCIÓN | 15 |
| REGISTRO Y ANÁLISIS DE DATOS..... | 17 |
| TOMA DE DATOS Y CÁLCULOS | 17 |
| ÁREA BAJO LA CURVA DE PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (AUDPC) | 17 |
| ANÁLISIS DE DATOS | 18 |
| INTERPRETACIÓN DE DATOS..... | 19 |
| MANEJO DE PROBLEMAS COMUNES ASOCIADOS AL AUDPC | 21 |
| REGISTRO DE LECTURAS..... | 21 |
| MANEJO DE LA FALTA DE UNIFORMIDAD DE LA ENFERMEDAD EN EL CAMPO | 23 |
| MANEJO DE LA FALTA DE COMPARABILIDAD ENTRE EXPERIMENTOS | 23 |
| CÁLCULO DEL AUDPC USANDO MICROSOFT EXCEL..... | 25 |
| CÁLCULO DEL rAUDPC USANDO MICROSOFT EXCEL..... | 27 |
| CÁLCULO DE LA ESCALA DE SUSCEPTIBILIDAD A <i>Phytophthora infestans</i> PARA GENOTIPOS DE PAPA | 29 |
| CÁLCULO DE LA ESCALA DE SUSCEPTIBILIDAD USANDO MICROSOFT EXCEL..... | 31 |
| EJEMPLO DEL USO DE LA ESCALA DE SUSCEPTIBILIDAD | 33 |
| BASE DE DATOS GLOBAL DE ENSAYOS DE PAPA Y CAMOTE DEL CIP | 37 |
| LLENANDO LAS PLANTILLAS DEL MÓDULO DE TIZÓN TARDÍO DEL DataCollector | 39 |
| LITERATURA CITADA | 47 |





INTRODUCCIÓN

El tizón tardío, causado por el oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es el principal problema biótico para la producción de papa a nivel mundial. La presente guía tiene por finalidad asistir a los profesionales y técnicos a cargo de los ensayos diseñados para seleccionar genotipos de papa con resistencia a esta enfermedad. Se puede usar la misma metodología para la evaluación de familias de cruzamientos genéticos que son conducidas bajo condiciones de campo o invernadero.

Esta guía puede ayudar a organizar ensayos, mejorar la recolección de datos y análisis e introduce nuevos criterios para la evaluación de resistencia basados en principios epidemiológicos. El personal del Centro Internacional de la Papa (CIP) puede compartir sus datos de ensayos de tizón tardío a través del Sistema Global de Manejo de Datos.





***Phytophthora infestans*, AGENTE CAUSAL DEL TIZÓN TARDÍO**

El tizón tardío de la papa (y el tomate) es causado por *Phytophthora infestans*. Un reciente esquema de clasificación basado en el análisis molecular del gen de ARN ribosómico y en datos ultra estructurales de la pared celular incluyen al género *Phytophthora* dentro del reino Cromista, junto con las algas pardas y las diatomeas.

El género *Phytophthora* pertenece al phylum Oomycota, el cual se caracteriza por tener zoosporas propulsadas por flagelos heterocontas (de diferente longitud, uno tipo látigo y el otro tipo plumilla), pared celular compuesta por celulosa, micelio de hifas cenocíticas (sin septas) y reproducción por contacto gametangial.

Actualmente, está claro que los oomicetos no están relacionados a los hongos verdaderos, ascomicetos y basidiomicetos (10). La forma asexual de *P.infestans* es esencialmente la de un parásito natural obligado. El micelio podría sobrevivir por periodos cortos en los desechos de los cultivos, pero en general el patógeno requiere un hospedero vivo (cultivado o silvestre) para su sobrevivencia por largos periodos de tiempo y no puede sobrevivir al invierno o a otra campaña si no hay un hospedero disponible.

Sin embargo, en algunos lugares donde ocurre la reproducción sexual, las oosporas resultantes pueden sobrevivir por meses o años en la ausencia de hospederos vivos (4, 11). *P.infestans* puede ser cultivado sobre un medio artificial y puede sobrevivir en el laboratorio por periodos de tiempo indefinidos en su estado vegetativo.

Después de un largo periodo durante el cual las poblaciones de *P.infestans* fueron consideradas solo como asexuales, un reporte del tipo de apareamiento A2 en el oeste de Europa el año 1984 fue el primer indicio del desarrollo de nuevas y muy agresivas poblaciones de este patógeno (19, 27).

El análisis de un amplio número de poblaciones locales dispersas indicó sorprendentemente que los rápidos cambios evolutivos no estaban restringidos al oeste de Europa, sino que ocurrían a nivel mundial (20, 22).



Estas nuevas migraciones involucraban ambos tipos de apareamiento (A1 y A2), generando una potencial reproducción sexual. La diversidad genética generada por la reproducción sexual puede generar genotipos más agresivos.

Tizón tardío

El tizón tardío es una enfermedad policíclica, con varios ciclos de infección y de producción de inóculo durante la misma estación de cultivo. Así, se espera que la infección se incremente proporcionalmente tanto en el inóculo inicial como en el nuevo inóculo producido durante la estación del cultivo. La cantidad de inóculo producido depende del hospedante, el patógeno, el medio ambiente y las condiciones de manejo (5, 21). Más información acerca del ciclo de la enfermedad, condiciones climáticas, control, etc. están bien documentadas en la literatura (5, 20, 25, 32, 39).

Síntomas del tizón tardío en las hojas

Al inicio, la enfermedad se manifiesta con manchas húmedas irregulares de color verde claro, mayormente cerca del ápice y los márgenes de las hojas. Estas lesiones crecen rápidamente hasta formar manchas grandes de color marrón oscuro (Foto 1). Durante las primeras horas de la mañana, se puede observar en la cara inferior de las hojas infectadas, especialmente en los márgenes de las lesiones necróticas, una eflorescencia blanquecina formada por esporangios del patógeno. Las lesiones jóvenes son pequeñas (entre dos y 10 mm) y de forma irregular, y pueden estar rodeadas por un pequeño halo (tejido verde claro alrededor de la lesión necrótica oscura). A medida que crecen, las lesiones se vuelven más circulares hasta que son delimitadas por los márgenes del foliolo. Por lo general, no están delimitadas por nervaduras, y las lesiones viejas están rodeadas por un halo clorótico.

Síntomas del tizón tardío en los tallos

Cuando el tizón tardío ataca al tallo puede causar su estrechamiento y las hojas que están por encima del punto de infección se marchitan. Las lesiones de color pardo claro o pardo oscuro en los tallos o los peciolo se alargan y circundan el tallo (Foto 2). Las lesiones se vuelven quebradizas y el tallo a menudo se quiebra en ese punto (Foto 3).

Síntomas del tizón tardío en los tubérculos

Los tubérculos infectados muestran áreas irregulares, de coloración marrón rojiza a negruzca ligeramente hundidas que se extienden profundamente en el tejido interno de los tubérculos (Foto 4). Los tubérculos infectados son inicialmente duros, secos y compactos, pero



pueden ser invadidos por otros patógenos, principalmente bacterias que ocasionan pudrición blanda. A menudo va asociado a un olor penetrante y pútrido en los campos muy infectados; sin embargo, dicho olor se debe a la pudrición de tejido muerto y no es consecuencia directa del tizón tardío.

Resistencia al tizón tardío

El consenso general es que la mayor resistencia a *P. infestans* puede clasificarse en dos fenotipos en el campo. El primero es gobernado por un solo gen dominante con efectos mayores y una clara segregación discontinua de la progenie generada por un genotipo resistente y otro susceptible. El segundo tipo de resistencia es gobernado por varios o muchos genes, llamados genes menores, con pequeño efecto acumulativo y una continua distribución de genotipos resistentes en la progenie que resulta del cruce de un genotipo resistente con otro susceptible. La resistencia de genes mayores también ha sido descrita como resistencia vertical, resistencia de genes R, resistencia específica, resistencia específica de raza, resistencia inestable y resistencia completa. La resistencia conferida por genes menores ha sido descrita con nombres contrastantes como resistencia horizontal, resistencia poligénica, resistencia cuantitativa, resistencia general, resistencia no específica de raza, resistencia estable, resistencia parcial, resistencia de campo y resistencia reductora de la tasa de infección (7, 12, 37, 38). Muchas variedades liberadas como resistentes al tizón tardío rápidamente llegaron a ser susceptibles cuando las poblaciones del patógeno estaban involucradas. Ejemplos de esta situación son el cultivar Victoria en Uganda (conocido como Asante en Kenia) (12) y el cultivar Canchán en Perú (Ver Tabla 1, pag.35). La efímera resistencia mediada por un gen mayor y la dificultad de transferir cuantitativamente la resistencia heredada han hecho que la identificación y difusión de la resistencia duradera al tizón tardío sea una tarea difícil (8,25).



Foto 1: Síntomas de tizón tardío en el envés de la hoja de la papa.



Foto 2: Síntomas de tizón tardío en el tallo de la papa.



Foto 3: Síntomas de tizón tardío en el tallo de la papa.



Foto 4: Síntomas de tizón tardío en el tubérculo de la papa.



ENSAYOS DE EVALUACIÓN DEL TIZÓN TARDÍO

El ambiente físico influye en el desarrollo de una epidemia a través de sus efectos sobre varias fases del ciclo de vida del patógeno a medida que este interactúa con las diferentes fases del desarrollo de la planta (6, 24, 33). El clima frío, húmedo, con lluvia y humedad relativa ambiental de más de 90%, y temperaturas de 7 a 21°C favorecen el desarrollo del tizón tardío (1, 5, 34). Las epidemias naturales de *P. infestans* en el campo pueden ser usadas ventajosamente para seleccionar grandes poblaciones de genotipos de papa por su resistencia a esta enfermedad (23).

Localidades: selección de lugares para pruebas de búsqueda de resistencia

El conocimiento de las poblaciones del patógeno presentes en los lugares seleccionados para este tipo de ensayos podría ser útil en la interpretación de los resultados. Por ejemplo en Perú, el programa de mejoramiento para tizón tardío usa dos sitios en los Andes centrales (Comas y Oxapampa); las poblaciones del patógeno en aquellas zonas pertenecieron al linaje US-1 (23, 35, 39), sin embargo las poblaciones actuales están dominadas por el linaje EC-1, que también ha sido identificado como predominante en Ecuador (13), Colombia y Venezuela (14). Finalmente, el número de lugares elegidos, así como el número de años de evaluación, dependen de la logística y de los recursos humanos y financieros.

Una manera de estudiar la estabilidad fenotípica es a través de los análisis de interacción genotipo por ambiente (GxE). La interacción GxE puede ser estudiada temporalmente (dos o más campañas en la misma localidad) o espacialmente (varias localidades durante la misma campaña) o con una combinación de estas (9) a través de efectos principales aditivos y análisis de interacción multiplicativa (AMMI) (3).

Materiales: clones, testigos y calidad del material sembrado

- ▶ **Clones:** Pueden evaluarse líneas de mejoramiento o variedades de papa pertenecientes a los programas de mejoramiento local o del CIP.



- ▶ **Testigos:** En el ensayo deben incluirse un número reducido (1 a 5) de genotipos de papa con niveles de resistencia conocidos que varíen entre susceptible (escala del 6 al 9) a altamente resistente (escala del 0 al 2), particularmente si la evaluación se hace en diferentes localidades o tiempos. Para la escala de susceptibilidad descrita abajo, es deseable tener un genotipo altamente susceptible (valor de la escala cercano a 9) entre los testigos. De preferencia, este mismo genotipo debería usarse en todas las evaluaciones.
- ▶ **Calidad del material de siembra:** Se deben usar tubérculos uniformes del mismo origen tanto para los clones avanzados como para los testigos. Se recomienda usar tubérculos de igual tamaño para todos los genotipos evaluados en el ensayo.
- ▶ **Tamaño de la parcela:** La resistencia al tizón tardío puede ser evaluada en pequeñas parcelas (5 plantas). Sin embargo, mientras más grande la parcela (por ejemplo. 4x4 m²), más grande será la resolución entre los materiales evaluados.
- ▶ **Manejo agronómico:** Fertilización, control de plagas y malezas, así como otras actividades agrícolas deben ser uniformes para todas las parcelas del ensayo y estar en concordancia con las prácticas agrícolas locales.

Diseño experimental

La evaluación de clones debe hacerse en un ensayo replicado usando 3 a 4 repeticiones. La resistencia al tizón tardío puede evaluarse en todos los diseños experimentales clásicos, como el diseño de boques completos al azar.

Variabilidad de la enfermedad en campo

Se pueden tomar diferentes acciones para reducir o controlar la variabilidad en la severidad de la enfermedad en el ensayo de campo. Una medida es la inoculación, la cual es especialmente útil en áreas donde el inóculo natural podría no ser suficiente.

Para que la inoculación sea eficiente, el inóculo no puede secarse. Por lo tanto, la inoculación debe hacerse después de que se forma rocío o después de una lluvia, temprano en la tarde. Otra alternativa es regar el campo mediante aspersión antes de la inoculación por un periodo suficientemente largo para asegurar que el follaje esté húmedo. Es mejor inocular plantas al anochecer para que el inóculo no se seque y para



proteger a las zoosporas y esporangios de la luz solar directa. El inóculo debe aplicarse en cada parcela con una aspersora manual tan homogéneamente como sea posible (aproximadamente 20 ml por planta) (12, 17, 18). La inoculación debe hacerse en plantas que aún no han alcanzado la floración para permitir el adecuado desarrollo de la enfermedad.

Otra medida frecuentemente usada para mejorar la uniformidad de la enfermedad en un campo es la siembra de una variedad susceptible (valor de la escala entre 6 a 9), o de un genotipo de papa susceptible y otro moderadamente resistente (valor de la escala entre 4 a 5) alrededor de las parcelas con el objeto de producir continuas fuentes de inóculo. Estos genotipos adicionales a menudo se consideran “surcos diseminadores” (Foto 5). Los surcos diseminadores pueden introducir sesgos: si el genotipo usado como diseminador es muy susceptible, hará que sus vecinos inmediatos se vean más susceptibles debido a la gran cantidad de inóculo difundido por el diseminador. Para evitar esto, se pueden sembrar los genotipos diseminadores entre cada clon, de tal manera que todos los clones reciban igual cantidad de inóculo; pero esto duplicará el tamaño del experimento.



Foto 5. Surcos diseminadores sembrados alrededor de las parcelas



Manejo del campo: protección de las plantas con fungicidas

En muchos lugares tropicales y subtropicales, el tizón tardío se presenta desde los primeros estadios del cultivo. Si la infección aparece cuando la planta es aún muy pequeña, puede ser difícil apreciar la diferencia entre genotipos resistentes y susceptibles. Bajo estas condiciones es aconsejable proteger las plantas con fungicidas hasta que sean suficientemente grandes para la evaluación; esto es, cuando alcancen un 30% de crecimiento del área foliar. Las aplicaciones de fungicida deben detenerse al menos tres semanas antes de que se haga la inoculación.

Evaluación de la severidad de la enfermedad

La severidad de la enfermedad se evalúa como el porcentaje de área foliar infectada. Esta variable se registra a lo largo de la campaña junto con la fecha de cada lectura. Los datos son recolectados en cada parcela o unidad experimental (cada clon o variedad dentro de cada repetición). Los datos se pueden registrar manualmente o con dispositivos electrónicos (por ej. tabletas) con la finalidad de reducir el tiempo y el costo de la recolección de datos y su análisis posterior.

Cuando el número de plantas por parcela es bajo, algunos investigadores toman datos sobre severidad en cada planta. Sin embargo, hay poca evidencia de que este proceso otorgue alguna ventaja, con el agravante de que requiere una cantidad significativa de tiempo adicional. Por esta razón, el CIP recomienda tomar datos simplemente a nivel de parcela. La primera lectura debe hacerse antes del inicio de la enfermedad. Los investigadores deben conocer el tiempo normal de aparición del tizón tardío en su localidad, y/o sondear los campos cercanos en búsqueda de síntomas. La toma de datos debe comenzar tan pronto como las condiciones del clima se vuelvan propensas para el desarrollo del tizón tardío; las siguientes lecturas deben hacerse apenas se observen los primeros síntomas de la enfermedad.

Los porcentajes del área foliar enferma se usan para calcular el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), por lo tanto, los intervalos de tiempo constante entre lecturas no son realmente cruciales. Si la enfermedad avanza rápidamente en los genotipos susceptibles, las lecturas deben hacerse frecuentemente (cada 7 días en áreas frías, o cada 3 a 4 días en áreas húmedas y templadas). Si la enfermedad avanza lentamente, el intervalo entre las lecturas puede ser más largo (cada 10 a 14 días). El objetivo es tener lecturas de la enfermedad a niveles bajos, intermedios y altos de todos los genotipos, incluyendo los susceptibles.



Las lecturas son luego integradas en una medida como el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC) (16) (ver más abajo).

Cuando se evalúa el tizón tardío, la mayoría de investigadores estima visualmente el porcentaje total del área foliar afectada por la enfermedad. Esto se hace comparando la porción verde de la no verde (asumiendo que el tizón tardío es la única enfermedad o la predominante en el follaje). Por ende, el porcentaje de follaje infectado en la parcela se estima mentalmente.

Este es un procedimiento estándar y generalmente funciona bien, especialmente cuando las lecturas son integradas en una medida como el AUDPC. Sin embargo, la estimación del porcentaje de infección está sujeta a varias fuentes de error (15).

Fuentes de error cuando se estima el porcentaje de infección

- 1) Podría subestimarse el porcentaje del área foliar enferma cuando solo se evalúa la porción de la planta con síntomas visibles y que todavía continúa adherida a la planta. Los folíolos enfermos finalmente caen pero el momento de la caída probablemente dependa del cultivar. El tejido enfermo puede estar verde y no presentar síntomas, y por lo tanto pasar inadvertido durante la evaluación. El tejido verde infectado incluso puede estar esporulando, pero no siempre es visible, a menos que el evaluador esté muy cerca del folíolo. Por lo general, este nivel de examen no es empleado rutinariamente en la evaluación de cultivares.
- 2) Cuando se evalúan las diferencias proporcionales o los porcentajes, se puede incurrir en error humano. La investigación demuestra que la enfermedad se estima con mayor precisión en los niveles alto y bajo de severidad que en niveles intermedios (29). El uso de escalas logarítmicas no corrige necesariamente esta tendencia por lo que se recomienda el uso de porcentajes simples del área infectada (16).
- 3) En general, es mejor si todas las lecturas de un ensayo son realizadas por una persona con experiencia en la evaluación de la enfermedad, para mantener así el mismo grado de precisión y eficacia en las evaluaciones de la enfermedad (6). Es recomendable tomar los datos de manera independiente (esto significa, sin tener conocimiento del valor dado en la lectura previa), haciendo que otra persona los registre en la hoja de datos o usando una forma de registro digital que oculte las lecturas previas. Si se usa papel para tomar las evaluaciones de la enfermedad, se debe elegir un color que no refleje la luz del sol. El mejor momento del día para evaluar la severidad de la enfermedad es en la mañana o en condiciones nubladas.





REGISTRO Y ANÁLISIS DE DATOS

Toma de datos y cálculos

Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC).

Debido a que el tizón tardío es una enfermedad policíclica, el CIP recomienda el uso del AUDPC para sintetizar las lecturas de la enfermedad en una medida sinóptica (18). El AUDPC es calculado a partir de los porcentajes estimados del área foliar enferma registrados en diferentes momentos durante la epidemia.

El AUDPC es fácil de calcular, usa evaluaciones múltiples y no depende de transformaciones. El AUDPC presenta también algunas desventajas, las cuales serán discutidas al final de este capítulo.

El AUDPC es frecuentemente calculado usando la fórmula del punto medio (6):

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Donde “t” es el tiempo de cada lectura, “y” el porcentaje de follaje afectado en cada lectura y “n” el número de lecturas. La variable “t” puede representar los días julianos, los días después de la siembra o los días después de la emergencia.

El diagrama mostrado en la Figura 1 es una representación gráfica de la ecuación. Asimismo, muestra al AUDPC como una suma de las áreas trapezoidales.

Al final del capítulo se brinda un ejemplo de cálculo del AUDPC con Microsoft Excel.



El paquete informático ‘DataCollector’ también calcula el AUDPC.

(<https://research.cip.cgiar.org/confluence/display/GDET4RT/Downloads>)

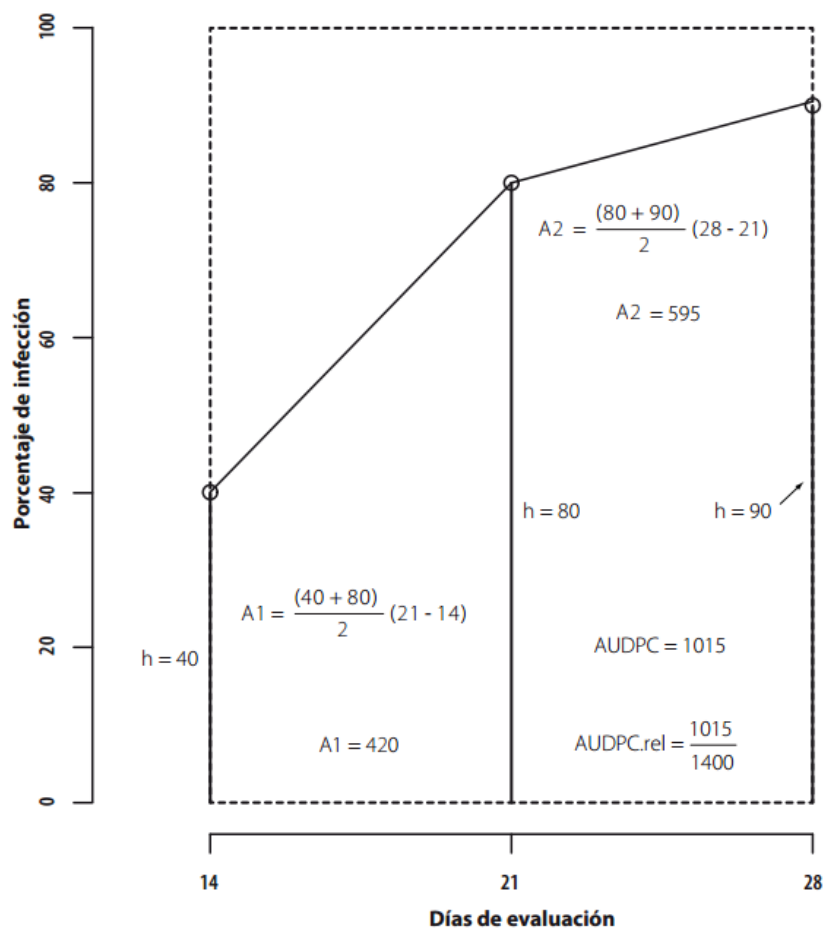


Figura 1. Representación gráfica del AUDPC

Análisis de datos

Los valores de AUDPC, así como los porcentajes de infección, se pueden analizar usando el análisis de variancia (ANOVA) previo a un análisis de datos a través de estadística simple como hallar la media, el error estándar, realizar distribución de frecuencias y diagrama de cajas. También se pueden usar comparaciones múltiples de medias (por ej. Dunnet) (36). Para estimar la validez de los modelos y evaluar la homogeneidad de las variancias se recomiendan los análisis de residuales (36).



El AUDPC y el porcentaje de infección se consideran variables pseudo cuantitativas con jerarquía y pueden analizarse sin transformación (30).

Si se ha evaluado el rendimiento además del AUDPC se puede calcular la correlación entre el rendimiento y la resistencia del genotipo con el método Spearman (28). Este método cataloga cada observación en rangos dentro de cada repetición y calcula la correlación de los valores por rangos. Un valor del coeficiente cercano a 1, indica una buena correlación entre rendimiento y AUDPC (por ej. severidad total de la enfermedad).

Interpretación de datos

El AUDPC es una variable que estima la cantidad de enfermedad a lo largo de la campaña. El AUDPC se expresa en porcentajes por días (es decir, la acumulación diaria del porcentaje de los valores de infección) y se interpreta directamente sin transformación. Cuanto más alto es el AUDPC, más susceptible es el clon o variedad. Para tener una mejor idea de cómo se comportan los clones o variedades del experimento, generalmente es útil hacer un gráfico del porcentaje de área de hoja infectada frente a la fecha de evaluación (Figura 2).

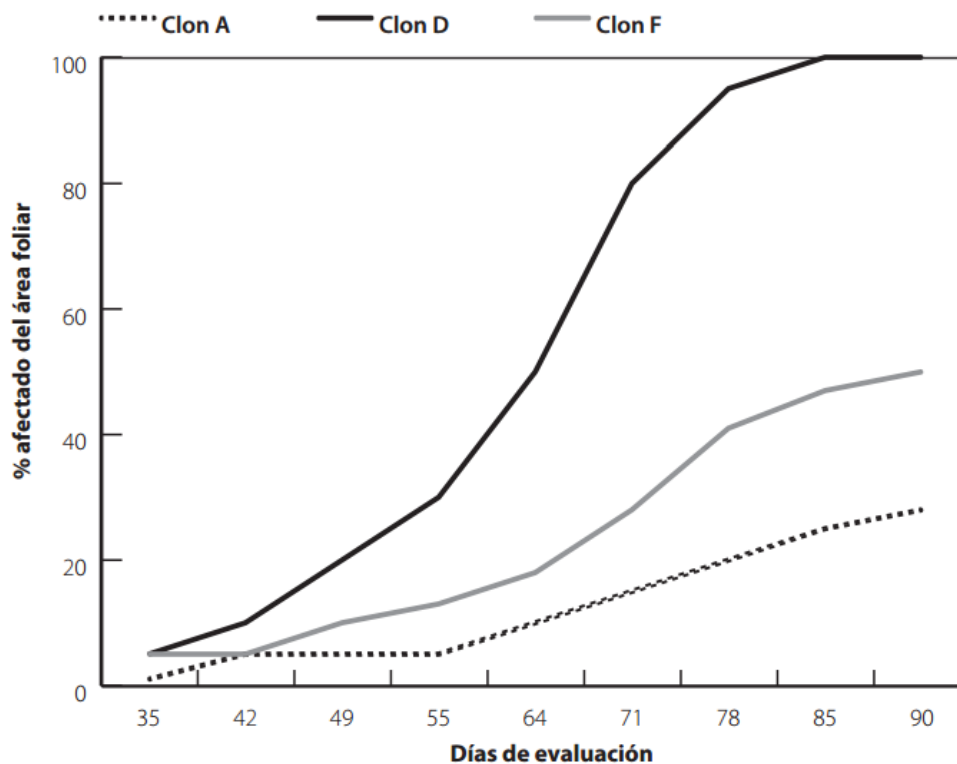


Figura 2. Curvas de severidad de la enfermedad de tres clones de papa





MANEJO DE PROBLEMAS COMUNES ASOCIADOS AL AUDPC

Registro de las lecturas

Problema: La selección de genotipos de papa resistentes se basa frecuentemente en el AUDPC (26). Sin embargo, el mismo valor de AUDPC se puede obtener de una infección que empieza temprano, que progresa lentamente o que empieza tarde; por lo tanto, el AUDPC no provee información del tipo de resistencia presente en los genotipos, o su potencial durabilidad. Por esta razón es recomendable examinar las curvas de progreso de la enfermedad (2).

Solución: Es importante iniciar las lecturas cuando comienza la enfermedad, idealmente incluso antes de que aparezcan los síntomas. Generalmente no es relevante continuar las lecturas después que los materiales susceptibles han alcanzado el 100% de severidad de la enfermedad. El AUDPC puede ser calculado a partir de dos datos, pero se alcanza una mayor precisión con cada observación adicional. Sin embargo, se han observado algunos casos en los que se han obtenido valores de AUDPC muy precisos usando sólo dos datos (30).





MANEJO DE LA FALTA DE UNIFORMIDAD DE LA ENFERMEDAD

En el campo

Problema: El AUDPC es sensible a la falta de uniformidad de la enfermedad en el campo.

Solución: Los diseños experimentales para controlar este tipo de error ya se han descrito arriba. La inoculación debería ayudar si la enfermedad es típicamente heterogénea en una localidad.

Manejo de la falta de comparabilidad entre experimentos

Problema: El AUDPC *per se* no debería ser usado para comparar genotipos de papa entre experimentos. Además, las unidades del AUDPC como indicadores de resistencia o susceptibilidad no son fácilmente interpretadas. Por ejemplo, un valor de AUDPC de 2043 podría darse a un genotipo moderadamente resistente que se desarrolló en condiciones propicias para una infección severa, o podría darse a un genotipo susceptible que se desarrolló bajo condiciones no propicias para una infección severa.

Solución: En un esfuerzo por estandarizar el AUDPC, los investigadores usualmente usan el AUDPC relativo (rAUDPC) (18). El rAUDPC se calcula dividiendo el AUDPC entre el “máximo AUDPC potencial”.

El máximo AUDPC potencial simplemente es el AUDPC que tendría una variedad o clon si tuviera 100% de infección en todas las lecturas. El máximo AUDPC potencial está representado por la línea punteada en la Figura 1 y se calcula multiplicando el número total de días entre la primera y última lectura por 100.

El rAUDPC tampoco es la mejor medida para comparar resultados entre diferentes experimentos por las mismas razones explicadas para el AUDPC. Para esta tarea, el CIP recomienda la escala de susceptibilidad descrita a continuación.





CÁLCULO DEL AUDPC USANDO MICROSOFT EXCEL

El AUDPC puede ser calculado usando programas estadísticos o programas con hojas de cálculo. He aquí un ejemplo usando una plantilla de evaluación de Microsoft Excel.

Paso 1: Colocar las fechas de evaluación de los cinco clones para cada uno de los días registrados

| | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|----|-------------------------------|---|---|----|----|----|----|----|----|-----|-------|---|
| 5 | Identificación | | | | | | | | | | | |
| 6 | Días después de la plantación | | | 42 | 49 | 55 | 64 | 71 | 78 | 85 | AUDPC | |
| 7 | CLON1 | | | 1 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 30 | | |
| 8 | CLON2 | | | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | |
| 9 | CLON3 | | | 3 | 15 | 30 | 40 | 60 | 90 | 90 | | |
| 10 | CLON4 | | | 5 | 10 | 25 | 50 | 65 | 85 | 100 | | |
| 11 | CLON5 | | | 5 | 20 | 35 | 50 | 70 | 85 | 85 | | |

Paso 2: Localizar el cursor en la celda N7, que corresponde al AUDPC del clon 1, e ingresar la siguiente fórmula:

$$\text{Area} = ((G7+F7)/2)*(\$G\$6-\$F\$6) + ((H7+G7)/2)*(\$H\$6-\$G\$6) + ((I7+H7)/2)*(\$I\$6-\$H\$6) + ((J7+I7)/2)*(\$J\$6-\$I\$6) + ((K7+J7)/2)*(\$K\$6-\$J\$6) + ((L7+K7)/2)*(\$L\$6-\$K\$6)$$

| | C | F | G | H | I | J | K | L | M | N | |
|----|-------------------------------|---|---|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| 5 | Identificación | | | | | | | | | | |
| 6 | Días después de la plantación | | | 42 | 49 | 55 | 64 | 71 | 78 | 85 | AUDPC |
| 7 | CLON1 | | | 1 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 30 | 581 |
| 8 | CLON2 | | | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | |
| 9 | CLON3 | | | 3 | 15 | 30 | 40 | 60 | 90 | 90 | |
| 10 | CLON4 | | | 5 | 10 | 25 | 50 | 65 | 85 | 100 | |
| 11 | CLON5 | | | 5 | 20 | 35 | 50 | 70 | 85 | 85 | |



Paso 3: Presionar la tecla “Enter” y aparecerá el área “581” en la celda N7

| | C | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|----|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-------|---|
| 5 | Identificación | | | | | | | | | |
| 6 | Días después de la plantación | 42 | 49 | 55 | 64 | 71 | 78 | 85 | AUDPC | |
| 7 | CLON1 | 1 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 30 | 581 | |
| 8 | CLON2 | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | |
| 9 | CLON3 | 3 | 15 | 30 | 40 | 60 | 90 | 90 | | |
| 10 | CLON4 | 5 | 10 | 25 | 50 | 65 | 85 | 100 | | |
| 11 | CLON5 | 5 | 20 | 35 | 50 | 70 | 85 | 85 | | |

Paso 4: Copiar la fórmula de la celda N7 a las otras celdas desde N8 a N11.

| | C | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|----|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-------|---|
| 5 | Identificación | | | | | | | | | |
| 6 | Días después de la plantación | 42 | 49 | 55 | 64 | 71 | 78 | 85 | AUDPC | |
| 7 | CLON1 | 1 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 30 | 581 | |
| 8 | CLON2 | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 933 | |
| 9 | CLON3 | 3 | 15 | 30 | 40 | 60 | 90 | 90 | 2018 | |
| 10 | CLON4 | 5 | 10 | 25 | 50 | 65 | 85 | 100 | 2070 | |
| 11 | CLON5 | 5 | 20 | 35 | 50 | 70 | 85 | 85 | 2193 | |



CÁLCULO DEL rAUDPC USANDO MICROSOFT EXCEL

El rAUDPC también se puede calcular usando un programa estadístico o programas con hojas de cálculo. Se usa la misma hoja de cálculo preparada para encontrar el AUDPC.

Paso 1: Localizar el cursor en la celda O7, la cual corresponde al rAUDPC del clon 1, e ingresar la siguiente fórmula:

$$\text{rAUDPC} = \text{N7} / ((\text{L6} - \text{F6}) * 100)$$

Luego presione la tecla "Enter", y aparecerá el valor 0.14 del rAUDPC en la celda O7.

| | C | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|----|-----------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-------|--------|---|
| 5 | Identificación | | | | | | | | | | |
| | Días después de la | | | | | | | | | | |
| 6 | plantación | 42 | 49 | 55 | 64 | 71 | 78 | 85 | AUDPC | rAUDPC | |
| 7 | CLON1 | 1 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 30 | 581 | 0.14 | |
| 8 | CLON2 | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 933 | | |
| 9 | CLON3 | 3 | 15 | 30 | 40 | 60 | 90 | 90 | 2018 | | |
| 10 | CLON4 | 5 | 10 | 25 | 50 | 65 | 85 | 100 | 2070 | | |
| 11 | CLON5 | 5 | 20 | 35 | 50 | 70 | 85 | 85 | 2193 | | |

Paso 2: Copiar la fórmula de la celda O7 a las otras celdas, de la O8 a la O11, pero sea cuidadoso para mantener los valores de la última (celda L6) y la primera (celda F6) lectura copiadas en cada fórmula.

| | C | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|----|-----------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-------|--------|---|
| 5 | Identificación | | | | | | | | | | |
| | Días después de la | | | | | | | | | | |
| 6 | plantación | 42 | 49 | 55 | 64 | 71 | 78 | 85 | AUDPC | rAUDPC | |
| 7 | CLON1 | 1 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 30 | 581 | 0.14 | |
| 8 | CLON2 | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 933 | 0.22 | |
| 9 | CLON3 | 3 | 15 | 30 | 40 | 60 | 90 | 90 | 2018 | 0.47 | |
| 10 | CLON4 | 5 | 10 | 25 | 50 | 65 | 85 | 100 | 2070 | 0.48 | |
| 11 | CLON5 | 5 | 20 | 35 | 50 | 70 | 85 | 85 | 2193 | 0.51 | |



Una alternativa para calcular el rAUDPC es colocar los datos de la última y primera lectura en la fórmula. En el ejemplo, la última lectura es a los 85 días (celda L6) y la primera lectura a los 42 días (celda F6).

$$\text{rAUDPC} = \text{N7} / ((85 - 42) * 100)$$

| | C | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|----|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-------|--------|---|
| 5 | Identificación | | | | | | | | | | |
| 6 | Días después de la plantación | 42 | 49 | 55 | 64 | 71 | 78 | 85 | AUDPC | rAUDPC | |
| 7 | CLON1 | 1 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 30 | 581 | 0.14 | |
| 8 | CLON2 | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 933 | | |
| 9 | CLON3 | 3 | 15 | 30 | 40 | 60 | 90 | 90 | 2018 | | |
| 10 | CLON4 | 5 | 10 | 25 | 50 | 65 | 85 | 100 | 2070 | | |
| 11 | CLON5 | 5 | 20 | 35 | 50 | 70 | 85 | 85 | 2193 | | |



CÁLCULO DE LA ESCALA DE SUSCEPTIBILIDAD A *Phytophthora infestans* PARA GENOTIPOS DE PAPA

En la mayor parte del mundo no existe un sistema estándar para medir el grado de resistencia a *Phytophthora infestans* en los genotipos de papa. Generalmente son clasificados en: resistentes, moderadamente resistentes o susceptibles. Esta clasificación puede ser útil, pero para la comparación de genotipos en diferentes ambientes es muy limitada y es demasiado simple para proveer información útil para el manejo con fungicidas. Esta situación es particularmente problemática en los países en desarrollo, porque hasta hace poco no existía una escala para condiciones de días cortos, propia de las zonas altas de los trópicos (39). Para enfrentar este problema, Yuen y Forbes (39) propusieron una escala simple (0 a 9) que puede calcularse a partir de los valores de AUDPC o un rAUDPC; sin embargo, para usar esta escala se requiere tener un cultivar susceptible como referencia en todos los experimentos que van a ser comparados.

La escala de valores de susceptibilidad se calcula usando la siguiente ecuación:

$$S_x = S_y \frac{D_x}{D_y}$$

Donde S_y y D_y representan, respectivamente, el valor de la escala de susceptibilidad asignada y la medida de la enfermedad observada (AUDPC o rAUDPC) para el genotipo estándar, y S_x y D_x representan, respectivamente, el valor de la escala de susceptibilidad calculada y la medida de la enfermedad observada para el genotipo en cuestión. En esencia, se divide el valor de la susceptibilidad asignada al testigo por la medida de resistencia del testigo (p.e. AUDPC o rAUDPC) para generar una constante. Esta puede ser multiplicada luego por la medida de resistencia de cada cultivar de interés para obtener el valor de la susceptibilidad de ese genotipo.





CÁLCULO DE LA ESCALA DE SUSCEPTIBILIDAD USANDO MICROSOFT EXCEL

Paso 1: Se usará la misma hoja de cálculo utilizada para calcular el AUDPC y rAUDPC. Seleccione un cultivar susceptible en todos los experimentos. Posicione el cursor en la celda P12 y asigne el valor apropiado de la escala de susceptibilidad (generalmente 8 o 9) a este cultivar susceptible (ejemplo: Desiree, Bintje, Tomasa Condemayta, Diacol Capiro, etc.). En el ejemplo, Desiree es el cultivar seleccionado como susceptible (celda C12) y se le asignó el valor 9 (celda P12).

| | C | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P |
|----|-----------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|--------|-----------------------------|---|
| 5 | Identificación | | | | | | | | | | | |
| 6 | Días después de la | | | | | | | | | | | |
| 6 | plantación | 42 | 49 | 55 | 64 | 71 | 78 | 85 | AUDPC | rAUDPC | Valor mas alto de la escala | |
| 7 | CLON1 | 1 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 30 | 581 | 0.14 | | |
| 8 | CLON2 | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 933 | 0.22 | | |
| 9 | CLON3 | 3 | 15 | 30 | 40 | 60 | 90 | 90 | 2018 | 0.47 | | |
| 10 | CLON4 | 5 | 10 | 25 | 50 | 65 | 85 | 100 | 2070 | 0.48 | | |
| 11 | CLON5 | 5 | 20 | 35 | 50 | 70 | 85 | 85 | 2193 | 0.51 | | |
| 12 | Desiree | 15 | 35 | 45 | 65 | 85 | 100 | 100 | 2783 | 0.65 | 9.00 | |

Paso 2: El valor asignado se divide por el rAUDPC calculado para el mismo cultivar y el valor obtenido se usará como una constante para los siguientes procedimientos. En los ejemplos, el valor asignado para Desiree es 9 (celda P12) y el rAUDPC calculado en el ensayo es 0.65 para esta variedad (celda O12).

En la hoja de cálculo, localizar el cursor en la celda Q12 e ingrese la siguiente fórmula:

$$C=P12/O12$$

Presione la tecla "Enter" y la constante 13.91 aparece en la celda Q12.



| | C | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q |
|----|----------------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|--------|--------------------------------|-------|-----------|
| 5 | Identificación | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Días después de la plantación | 42 | 49 | 55 | 64 | 71 | 78 | 85 | AUDPC | rAUDPC | Valor mas alto de la escala | | Constante |
| 7 | CLON1 | 1 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 30 | 581 | 0.14 | | | |
| 8 | CLON2 | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 933 | 0.22 | | | |
| 9 | CLON3 | 3 | 15 | 30 | 40 | 60 | 90 | 90 | 2018 | 0.47 | | | |
| 10 | CLON4 | 5 | 10 | 25 | 50 | 65 | 85 | 100 | 2070 | 0.48 | | | |
| 11 | CLON5 | 5 | 20 | 35 | 50 | 70 | 85 | 85 | 2193 | 0.51 | | | |
| 12 | Desiree | 15 | 35 | 45 | 65 | 85 | 100 | 100 | 2783 | 0.65 | 9.00 | 13.91 | |

Paso 3: La constante obtenida debe ser multiplicada para cada uno de los valores de rAUDPC de los otros genotipos para obtener los respectivos valores de la escala de susceptibilidad.

En la hoja de cálculo, posicione el cursor en la celda R7 e ingrese la siguiente fórmula:

El valor de la escala de susceptibilidad para el clon 1 = $O7*Q12$

Presione la tecla "Enter" y aparece el valor 1.88 en la celda R7.

| | C | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R |
|----|----------------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|--------|--------------------------------|-----------|---|------|
| 5 | Identificación | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Días después de la plantación | 42 | 49 | 55 | 64 | 71 | 78 | 85 | AUDPC | rAUDPC | Valor mas alto de la escala | Constante | Valores de la escala de susceptibilidad | |
| 7 | CLON1 | 1 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 30 | 581 | 0.14 | | | | 1.88 |
| 8 | CLON2 | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 933 | 0.22 | | | | |
| 9 | CLON3 | 3 | 15 | 30 | 40 | 60 | 90 | 90 | 2018 | 0.47 | | | | |
| 10 | CLON4 | 5 | 10 | 25 | 50 | 65 | 85 | 100 | 2070 | 0.48 | | | | |
| 11 | CLON5 | 5 | 20 | 35 | 50 | 70 | 85 | 85 | 2193 | 0.51 | | | | |
| 12 | Desiree | 15 | 35 | 45 | 65 | 85 | 100 | 100 | 2783 | 0.65 | 9.00 | 13.91 | | |

Paso 4: Copie la fórmula de la celda R7 a las otras celdas de R8 a R12, pero sea cuidadoso de mantener el valor de la constante (celda Q12) en cada fórmula copiada.

| | C | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R |
|----|----------------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|--------|--------------------------------|-----------|---|------|
| 5 | Identificación | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Días después de la plantación | 42 | 49 | 55 | 64 | 71 | 78 | 85 | AUDPC | rAUDPC | Valor mas alto de la escala | Constante | Valores de la escala de susceptibilidad | |
| 7 | CLON1 | 1 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 30 | 581 | 0.14 | | | | 1.88 |
| 8 | CLON2 | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 933 | 0.22 | | | | 3.02 |
| 9 | CLON3 | 3 | 15 | 30 | 40 | 60 | 90 | 90 | 2018 | 0.47 | | | | 6.53 |
| 10 | CLON4 | 5 | 10 | 25 | 50 | 65 | 85 | 100 | 2070 | 0.48 | | | | 6.70 |
| 11 | CLON5 | 5 | 20 | 35 | 50 | 70 | 85 | 85 | 2193 | 0.51 | | | | 7.09 |
| 12 | Desiree | 15 | 35 | 45 | 65 | 85 | 100 | 100 | 2783 | 0.65 | 9.00 | 13.91 | | 9.00 |



Una alternativa para calcular el valor de la escala para cada cultivar es colocar el valor de la constante en la fórmula.

En la hoja de cálculo, posicione el cursor en la celda R7 e ingrese la siguiente fórmula:

El valor de la escala de susceptibilidad para el clon 1 = $O7*13.91$

Presione la tecla "Enter" y aparece el valor 1.88 en la celda R7.

| | C | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R |
|----|-------------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|--------|-----------------------------|-----------|---|---|
| 5 | Identificación | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Días después de la plantación | 42 | 49 | 55 | 64 | 71 | 78 | 85 | AUDPC | rAUDPC | Valor mas alto de la escala | Constante | Valores de la escala de susceptibilidad | |
| 7 | CLON1 | 1 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 30 | 581 | 0.14 | | | 1.88 | |
| 8 | CLON2 | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 933 | 0.22 | | | | |
| 9 | CLON3 | 3 | 15 | 30 | 40 | 60 | 90 | 90 | 2018 | 0.47 | | | | |
| 10 | CLON4 | 5 | 10 | 25 | 50 | 65 | 85 | 100 | 2070 | 0.48 | | | | |
| 11 | CLON5 | 5 | 20 | 35 | 50 | 70 | 85 | 85 | 2193 | 0.51 | | | | |
| 12 | Desiree | 15 | 35 | 45 | 65 | 85 | 100 | 100 | 2783 | 0.65 | 9.00 | 13.91 | | |

Copie la fórmula de la celda R7 a otras celdas de R8 a R12. Note que el valor de la escala asignado a Desiree es 9 después del cálculo, el cual es similar al mismo valor previamente asignado.

| | C | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R |
|----|-------------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-------|--------|-----------------------------|-----------|---|---|
| 5 | Identificación | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Días después de la plantación | 42 | 49 | 55 | 64 | 71 | 78 | 85 | AUDPC | rAUDPC | Valor mas alto de la escala | Constante | Valores de la escala de susceptibilidad | |
| 7 | CLON1 | 1 | 5 | 10 | 15 | 15 | 20 | 30 | 581 | 0.14 | | | 1.88 | |
| 8 | CLON2 | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 933 | 0.22 | | | 3.02 | |
| 9 | CLON3 | 3 | 15 | 30 | 40 | 60 | 90 | 90 | 2018 | 0.47 | | | 6.53 | |
| 10 | CLON4 | 5 | 10 | 25 | 50 | 65 | 85 | 100 | 2070 | 0.48 | | | 6.70 | |
| 11 | CLON5 | 5 | 20 | 35 | 50 | 70 | 85 | 85 | 2193 | 0.51 | | | 7.09 | |
| 12 | Desiree | 15 | 35 | 45 | 65 | 85 | 100 | 100 | 2783 | 0.65 | 9.00 | 13.91 | 9.00 | |

Ejemplo del uso de la escala de susceptibilidad

El cultivar de papa Canchán-INIA, desarrollado en el CIP a finales de los años 1970, fue liberado en el Perú en 1990 como resistente al tizón tardío, pero las cepas compatibles de *Phytophthora infestans* fueron rápidamente seleccionadas a medida que Canchán se hizo popular y ahora es considerada como muy susceptible en todo el Perú (Tabla 1). A pesar de su susceptibilidad al tizón tardío, Canchán ha mantenido su popularidad como un importante cultivo comercial debido a su rendimiento estable, precocidad y demanda en el mercado. La escala de susceptibilidad es útil para visualizar el incremento en susceptibilidad de la variedad Canchán causada por los cambios en la población del patógeno.



Tabla 1. Comportamiento histórico del cultivar Canchán (CIP380389.1) en los Andes peruanos.

| Zona agroecológica (Rango de altitud, msnm) | | | |
|---|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Huánuco ^{b,c,d,e} | Cajamarca ^{a, b, c} | Junín ^{a, b, c, e} | Pasco ^{a, b, c, e} |
| (2500-2700) | (2500-2800) | (2600-2800) | (1700-1900) |
| 1983-1984 (1) | 1990-1991 (1) | 1998-1999 (9) | 1998-1999 (9) |
| 1984-1985 (1) | 1991-1992 (0) | 1999-2000 (9) | |
| 1985-1986 (1) | 1991-1992 (0) | 1999-2000 (9) | |
| 1986-1987 (1) | 1992-1993 (1) | | |
| 1987-1988 (1) | 1993-1994 (2) | | |
| 1988-1989 (1) | 1994-1995 (2) | | |
| | 1996-1997 (1) | | |
| | 1990-1991 (1) | | |

^a Zonas usadas por el CIP como lugares de selección para resistencia debido a las condiciones propicias para el desarrollo del tizón tardío.

^b El valor entre los paréntesis indica el valor de la escala de susceptibilidad para el cultivar Canchán en un ensayo llevado a cabo en la zona agroecológica indicada durante la respectiva campaña.

^c El cultivar Tomasa Condemayta se usó como susceptible y se le asignó el valor más alto de la escala = 9.

^d Valor de la escala analizado a partir de datos publicados por Egúsqiza, R (ed.) 1984-1990. Sistema Nacional de Evaluación de Recursos Genéticos 1984 -1990. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA) – Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Lima, Perú.

^e Valor de la escala analizado a partir de datos colectados por el Programa de Mejoramiento para Tizón Tardío del CIP.



El cultivar Yungay se seleccionó como cultivar susceptible para el programa de mejoramiento del CIP en Perú. Otras variedades, como Tomasa Condemayta y Chata Blanca, tienen altos valores de la escala de susceptibilidad (Tabla 2) pero son tan susceptibles que usualmente alcanzan niveles altos de susceptibilidad muy temprano en la campaña agrícola de manera que no se puede estimar con precisión el rAUDPC y AUDPC para los genotipos experimentales.

Tabla 2. Determinación del valor de la escala de susceptibilidad del cultivar de papa Yungay usado como variedad susceptible en el Programa de Mejoramiento para Tizón Tardío del CIP

| Zona agroecológica | Campaña | Variedad susceptible usada como control ^a | Valor de la escala de susceptibilidad estimado para el cultivar Yungay ^b |
|--------------------|-----------|--|---|
| | 1998-1999 | Canchan (9) | 8 |
| | 1999-2000 | Canchan (9) | 7 |
| | 2000-2001 | Canchan (9) | 6 |
| Comas, Junín | 2004-2005 | Chata Blanca (9) | 6 |
| | 2005-2006 | Chata Blanca (9) | 7 |
| | 2006-2007 | Tomasa Condemayta (9) | 8 |
| | 2007-2008 | Chata Blanca (9) | 6 |
| | 1998-1999 | Canchán (9) | 7 |
| Oxapampa, Pasco | 2005-2006 | Chata Blanca (9) | 5 |
| | 2008-2009 | Chata Blanca (9) | 8 |
| | 2009-2010 | Desiree (9) | 7 |

^a El valor de la escala más alto asignado a la variedad susceptible usada en el experimento.

^b Valor de la escala analizado a partir de datos colectados por el Programa de Mejoramiento de Tizón Tardío.



Las mismas variedades evaluadas en diferentes localidades pueden obtener diferentes valores en la escala por muchas razones (Tabla 3).

Por ejemplo, pequeñas diferencias de una o dos unidades en la escala pueden ser resultado de efectos ambientales o artificios experimentales. También se pueden observar pequeñas o grandes diferencias debido a la presencia de genes R en algunos clones de papa en los cuales aparecen cepas compatibles en diferentes periodos de la campaña agrícola en diferentes localidades.

Tabla 3. Escala de valores obtenida para variedades peruanas en dos lugares de selección para resistencia durante la misma campaña (2010-2011); la variedad Tomasa Condemayta fue usada como control y se le asignó un valor de 9.

| Escala de valores de susceptibilidad | | |
|--------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Variedades | Oxapampa (1813 msnm) | Paucartambo (2480 msnm) |
| Chucmarina | 0 | 0 |
| Venturana | 0 | 0 |
| Serranita | 1 | 0 |
| UNICA | 2 | 5 |
| Amarilis | 3 | 6 |
| Capiro | 4 | 7 |
| Liberteña | 4 | 7 |
| Perricholi | 5 | 6 |
| Yungay | 5 | 7 |
| Chaska | 7 | 8 |
| Tomasa | 9 | 9 |
| Canchan | 9 | 8 |



BASE DE DATOS GLOBAL DE ENSAYOS DE PAPA Y CAMOTE DEL CIP



El CIP, junto a sus colaboradores, promueve el uso de "DataCollector", un programa que ayuda a estandarizar y asegurar la calidad de los datos (12). Esta herramienta forma parte del Sistema Global de Manejo de Datos del CIP (34) y ayuda a los investigadores en el análisis de datos calculando automáticamente el AUDPC, rAUDPC y la escala de valores de susceptibilidad (Figura 3).

| INSTN | AUDPC n | AUDPC Mean | AUDPC sd | rAUDPC n | rAUDPC Mean | rAUDPC sd | SAUDPC n | SAUDPC Mean | SAUDPC sd |
|---------------|---------|------------|----------|----------|-------------|-----------|----------|-------------|-----------|
| CIP377744.1 | 1255.62 | 141 | 183.75 | 4 | 0.36 | 0.05 | 2.83 | 0.29 | |
| CIP384866.5 | 1728.41 | 104.51 | 84.98 | 4 | 0.43 | 0.03 | 3.92 | 0.94 | |
| CIP391011.17 | 1496.25 | 247.49 | 116.41 | 4 | 0.27 | 0.07 | 3.42 | 0.72 | |
| CIP392637.10 | 945 | 888.12 | 643.12 | 4 | 0.25 | 0.03 | 2.15 | 0.72 | |
| CIP392639.34 | 888.12 | 116.41 | 84.98 | 4 | 0.25 | 0.03 | 2.05 | 0.58 | |
| CIP393079.24 | 643.12 | 84.98 | 150.54 | 4 | 0.18 | 0.02 | 1.45 | 0.3 | |
| CIP393079.4 | 472.5 | 150.54 | 116.08 | 4 | 0.14 | 0.04 | 1.1 | 0.42 | |
| CIP393085.5 | 752.5 | 116.08 | 148.06 | 4 | 0.22 | 0.03 | 1.7 | 0.14 | |
| CIP393242.50 | 1369.38 | 148.06 | 103.41 | 4 | 0.39 | 0.04 | 3.12 | 0.69 | |
| CIP393248.55 | 1474.38 | 103.41 | 130.18 | 4 | 0.42 | 0.03 | 3.38 | 0.68 | |
| CIP393280.57 | 717.5 | 130.18 | 144.57 | 4 | 0.2 | 0.04 | 1.65 | 0.47 | |
| CIP393280.64 | 993.12 | 144.57 | 17.5 | 4 | 0.28 | 0.04 | 2.25 | 0.42 | |
| CIP393339.242 | 1093.75 | 17.5 | 43.75 | 4 | 0.31 | 0.01 | 2.48 | 0.36 | |
| CIP393371.157 | 1036.88 | 43.75 | 59.56 | 4 | 0.3 | 0.01 | 2.38 | 0.43 | |
| CIP393371.58 | 284.38 | 59.56 | 194.35 | 4 | 0.08 | 0.02 | 0.62 | 0.1 | |
| CIP393385.39 | 822.5 | 194.35 | 178.11 | 4 | 0.24 | 0.06 | 1.9 | 0.74 | |
| CIP393385.47 | 616.88 | 178.11 | 331.85 | 4 | 0.18 | 0.05 | 1.38 | 0.36 | |
| CIP720064 | 2681.88 | 331.85 | | 4 | 0.77 | 0.09 | 6 | 0 | |

Figura 3. Hoja de EXCEL generada por "DataCollector" mostrando el AUDPC, rAUDPC y la escala de valores de susceptibilidad SAUDPC.

El "DataCollector" también realiza análisis estadísticos basados en la escala de susceptibilidad al tizón tardío y una serie de parámetros adicionales (Figuras 4 y 5). El paquete informático está en desarrollo, pero cuando se culmine dará acceso a los pedigríes de los genotipos, metadatos de los ensayos y datos experimentales de ensayos de papa y camote. El manual del usuario puede descargarse gratuitamente en:

<https://research.cip.cgiar.org/confluence/display/GDET4RT/Manuals>



```

1 #####
2 Analysis for Scale AUDPC
3 #####
4 #####
5
6 Bartlett test of homogeneity of variances
7
8 data: standardized residuals by treatments
9 Bartlett's K-squared = 19.2064, df = 17, p-value = 0.3168
10
11 #####
12
13 Shapiro-Wilk normality test
14
15 data: standardized residuals
16 W = 0.9874, p-value = 0.6906
17
18
19 Analysis of variance
20 -----
21 Analysis of Variance Table
22
23 Response: SAUDPC
24      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
25 INSTN    17 105.139   6.1846  45.717 < 2.2e-16 ***
26 factor(REP) 3   8.018   2.6727  19.757 1.243e-08 ***
27 Residuals  51   6.899   0.1353
28 ---
29 Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
    
```

Figura 4. Análisis estadísticos realizados con “DataCollector” usando la escala de valores de susceptibilidad.

```

1 Tukey multiple comparisons
2 -----
3 Study:
4
5 HSD Test for datos[abb[i]][[1]]
6
7 Groups, Treatments and means
8 a CIP720064 6
9 b CIP384866.5 3.925
10 bc CIP391011.17 3.425
11 bc CIP393248.55 3.375
12 bcd CIP393242.50 3.125
13 cde CIP377744.1 2.825
14 cdef CIP393339.242 2.475
15 defg CIP393371.157 2.375
16 defgh CIP393280.64 2.25
17 efgh CIP392637.10 2.15
18 efghi CIP392639.34 2.05
19 efghi CIP393385.39 1.9
20 fghi CIP393085.5 1.7
21 fghi CIP393280.57 1.65
22 ghij CIP393079.24 1.45
23 hij CIP393385.47 1.375
24 ij CIP393079.4 1.1
25 j CIP393371.58 0.625
    
```

Figura 5. Comparación de medias realizada con “Data Collector” usando la escala de valores de susceptibilidad.



LLENANDO LAS PLANTILLAS DEL MÓDULO DE TIZÓN TARDÍO USANDO “DataCollector”

La información de tizón tardío se registra en las hojas Excel del DataCollector.

Tabla: Registro de datos

| Fase | Componentes | Métodos | Formato para registro |
|--|---|------------------------|--|
| Instalación del experimento y caracterización de los ambientes de selección | Datos Mínimos | Lista | <u>Minimal</u> |
| | Diseño experimental | Lista | <u>Installation</u> |
| | Manejo del cultivo y fechas de evaluación | Lista | <u>Crop Management</u> |
| | Lista de materiales | Lista | <u>Material list</u> |
| | Datos de clima | Estación meteorológica | <u>Weather data</u> |
| | Análisis de suelos | Análisis de suelos | <u>Soil Analysis</u> |
| Resultados del Ensayo | Variables Observadas y calculadas | | <u>Fieldbook</u> |



| | A | B |
|----|---------------------|-------------------------------|
| 1 | Factor | Value |
| 2 | Short name or Title | |
| 3 | Version | V.2.1.0 |
| 4 | Crop | potato |
| 5 | Type of Trial | late blight |
| 6 | Comments | |
| 7 | Begin date | |
| 8 | End date | |
| 9 | Leader | |
| 10 | Collaborators | |
| 11 | Site short name | |
| 12 | Agroecological zone | |
| 13 | CIP Region | |
| 14 | Continent | |
| 15 | Country | |
| 16 | Admin1 | |
| 17 | Admin2 | |
| 18 | Admin3 | |
| 19 | Locality | |
| 20 | Elevation | |
| 21 | Latitude | |
| 22 | Longitude | |
| 23 | Owner | International Potato Center |
| 24 | Publisher | International Potato Center |
| 25 | Type | dataset |
| 26 | Format | Excel 2003 |
| 27 | Identifier | to be done: doi |
| 28 | Language | en |
| 29 | Relation | none |
| 30 | License | © International Potato Center |

Hoja: Mínima

El software DataCollector completará esta información de acuerdo con su localidad. Asegúrese de completar la "Fecha de inicio" y la "Fecha de finalización". El formato de fecha correcta es: 'aaaa-mm-dd. Por favor, incluir un apóstrofe antes de la fecha, por ejemplo: '2014-09-16, con el fin de mantener el formato de la fecha.

[\[🔍 Volver a la tabla "Registro de datos"\]](#)



Hoja: Instalación

Completar la información requerida de acuerdo a su diseño experimental.

NOTA: El tamaño de parcela se refiere a la parcela neta a la cosecha.

| A | B |
|--|----------------------|
| 1 Factor | Value |
| 2 Experimental design | |
| 3 Genetic design | |
| 4 Labels for factor genotypes | Institutional number |
| 5 Number of repetitions or blocks | |
| 6 Block size (applicable for BIBD only) | |
| 7 Block number | |
| 8 Experimental Environment | Field |
| 9 Plot start number | 1 |
| 10 Number of plants planted per plot | 10 |
| 11 Number of plants per sub-plot | |
| 12 Number of rows per plot | 1 |
| 13 Number of rows per sub-plot | |
| 14 Number of plants per row | 10 |
| 15 Plot size (m2) | 2.7 |
| 16 Distance between plants (m) | 0.3 |
| 17 Distance between rows (m) | 0.9 |
| 18 Planting density (plants/Ha) | 37,037 |
| 19 Row direction | |
| 20 Planting mode | |
| 21 Area of the experiment | |
| 22 Additional factor name | |
| 23 Labels for additional factor, level 1 | |
| 24 Labels for additional factor, level 2 | |
| 25 Labels for additional factor, level 3 | |
| 26 Labels for additional factor, level 4 | |
| 27 Labels for additional factor, level 5 | |
| 28 Latitude corner 1 | |
| 29 Longitude corner 1 | |
| 30 Latitude corner 2 | |
| 31 Longitude corner 2 | |
| 32 Latitude corner 3 | |
| 33 Longitude corner 3 | |

[\[🖱️ Volver a la tabla "Registro de datos"\]](#)



Hoja: Lista de materiales

Completar la columna “Institutional number” y la información de pedigrí. Elegir el clon o genotipo control. En el ejemplo usamos Yungay, cuyo valor en la escala es 6 para evaluaciones en Perú.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|----|------------|---------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|---|
| 1 | Numeration | Control | Scale AUDPC control | Institutional number | Clone or variety name | Code of clone | Family Institutional number | Female Institutional number | Female code | Male Institutional number | Male code |
| 2 | 1.00 | | | CIP391011.17 | | | | CIP387041.12 | | CIP386206.4 | |
| 3 | 2.00 | | | CIP393371.157 | | | | CIP387170.16 | | CIP389746.2 | |
| 4 | 3.00 | | | CIP392639.34 | | | | CIP387143.22 | | CIP387334.5 | |
| 5 | 4.00 | | | CIP393280.57 | | | | CIP387015.3 | | CIP38631E.XY.14 | |
| 6 | 5.00 | | | CIP393385.47 | | | | CIP387231.7 | | CIP387170.9 | |
| 7 | 6.00 | | | CIP393085.5 | | | | CIP387348.20 | | CIP390357.4 | |
| 8 | 7.00 | | | CIP393248.55 | | | | CIP387002.11 | | CIP386614.XY.16 | |
| 9 | 8.00 | | | CIP393242.5 | | | | | | | |
| 10 | 9.00 | | | CIP393079.4 | | | | CIP387004.13 | | CIP390357.4 | |
| 11 | 10.00 | | | CIP377744.1 | Kori-INIA | P-8 | | | M-1266-14 ME | CIP374035.1 | |
| 12 | 11.00 | | | CIP393280.64 | | | | CIP387015.3 | | CIP38631E.XY.14 | |
| 13 | 12.00 x | | 6 | CIP720064 | Yungay | KB 507 | | | (SEQUOIA x EARLINE) | CIP720020 | HUAGALINA x RENACIMIENTO(JIRUCO x SUITO)) |
| 14 | 13.00 | | | CIP393079.24 | | | | CIP387004.13 | | CIP390357.4 | |

[Volver a la tabla “Registro de datos”](#)



Hoja: Manejo del cultivo

Colocar la fecha de siembra, fecha de cosecha y las fechas de evaluación del follaje afectado por la enfermedad. Es importante colocar un apóstrofe antes de la fecha para evitar que cambie de formato (año-mes-día): 'aaa-mm-dd, por ejemplo: '2014-04-07.

| | A | B | C | D | E |
|----|-----------------------|---|------------|----------|--------|
| 1 | Intervention category | Intervention type | Date | Operator | Observ |
| 2 | Preparation | Planting | 2001-09-16 | | |
| 3 | Harvest | Vine cutting / killing | 2001-12-26 | | |
| 4 | Harvest | Harvest | 2002-01-08 | | |
| 5 | Measurement | Percentage of foliage affected by Late Blight 1 | 2001-10-26 | | |
| 6 | Measurement | Percentage of foliage affected by Late Blight 2 | 2001-11-02 | | |
| 7 | Measurement | Percentage of foliage affected by Late Blight 3 | 2001-11-09 | | |
| 8 | Measurement | Percentage of foliage affected by Late Blight 4 | 2001-11-30 | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |

Navigation: Weather_data | **Crop_management** | Var List | File |

[\[🔍 Volver a la tabla "Registro de datos"\]](#)



Hojas: Análisis de suelo y Datos de clima

Por favor completar esta información con los datos de su experimento

The image shows two overlapping Excel spreadsheets. The top-left spreadsheet, titled 'E47', is the 'Soil_analysis' sheet. It has columns A through K and rows 1 through 32. The columns are labeled: A (Variables), B (Abbreviture), C (Unit), D (Data1), E (Data2), F (Data3), G (Data4), H (Data5), I (Data6), J (Data7), and K (Data8). The rows list various soil parameters such as pH, Electrical conductivity (EC), CaCO3, Organic matter (MO), Nitrogenum total (N), Phosphorus (P), Potassium (K), Sand, Lime, Clay, Soil texture (STEX), Cation Exchange Capacity (CEC), Exchangeable Calcium (ExCa2), Exchangeable Magnesium (ExMg2), Exchangeable Potassium (ExK), Exchangeable Sodium (ExNa), Aluminium + hidrogenum (ExAl3_H), Total cations (TCA), Total of bases (TBAS), Base Saturation (BS), Iron (Fe), Copper (Cu), and Zinc (Zn). The title 'Soil_analysis' is highlighted with a red box.

The bottom-right spreadsheet, titled 'M22', is the 'Weather_data' sheet. It has columns A through K and rows 1 through 31. The columns are labeled: A (YEAR), B (MONTH), C (DAY), D (DATE), E (MODEL), F (HOUR), G (TIMEINTVL), H (RAIN), I (TMEAN), J (TMAX), and K (TMIN). The title 'Weather_data' is highlighted with a red box.

[\[👉 Volver a la tabla "Registro de datos"\]](#)



Hoja: Lista de variables

Colocar en Selection direction (-) o (+) dependiendo de la variable. Ejm: AUDPC, rAUDPC y SAUDPC (-) y Selection weight (1).

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|--|---------------|-----------|-----------|---------|---------------------|------------------|
| 1 | Factor Variables | Abbreviations | Fieldbook | Summarize | Analyze | Selection direction | Selection weight |
| 2 | Number of tubers planted | NTP | x | | | | |
| 3 | Number of plants emerged | NPE | | | | | |
| 4 | Plant uniformity | Plant_Unif | | | | | |
| 5 | Plant growth habit | PGH | | | | | |
| 6 | Plant vigor | Plant_Vigor | | | | | |
| 7 | Flowering degree | Flower | | | | | |
| 8 | Senescence | SE | | | | | |
| 9 | Percentage of foliage affected by Late Blight 1 | LB1 | x | | | | |
| 10 | Percentage of foliage affected by Late Blight 2 | LB2 | x | | | | |
| 11 | Percentage of foliage affected by Late Blight 3 | LB3 | x | | | | |
| 12 | Percentage of foliage affected by Late Blight 4 | LB4 | x | | | | |
| 13 | Percentage of foliage affected by Late Blight 5 | LB5 | | | | | |
| 14 | Percentage of foliage affected by Late Blight 6 | LB6 | | | | | |
| 15 | Percentage of foliage affected by Late Blight 7 | LB7 | | | | | |
| 16 | Percentage of foliage affected by Late Blight 8 | LB8 | | | | | |
| 17 | Percentage of foliage affected by Late Blight 9 | LB9 | | | | | |
| 18 | Percentage of foliage affected by Late Blight 10 | LB10 | | | | | |
| 19 | Percentage of foliage affected by Late Blight 11 | LB11 | | | | | |
| 20 | Percentage of foliage affected by Late Blight 12 | LB12 | | | | | |
| 21 | AUDPC | AUDPC | x | x | x | - | 1.00 |
| 22 | rAUDPC | rAUDPC | x | x | x | - | 1.00 |
| 23 | Scale AUDPC | SAUDPC | x | x | x | - | 1.00 |
| 24 | Percentage plants emerged | PPE | | | | | |
| 25 | Number of plants harvested | NPH | | | | | |

[\[🖱️ Volver a la tabla "Registro de datos"\]](#)



Hoja: Libro de campo

Permite el ingreso de los datos observados y calculados de las variables de estudio de acuerdo al diseño experimental.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P |
|----|------|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|--------|--------|--------|------|-------|------|-------|
| 1 | PLOT | REP | INSTN | NTP | LB1 | LB2 | LB3 | LB4 | AUDPC | rAUDPC | SAUDPC | NoMTWP | TTWP | TTYNA | MTWP | MTYNA |
| 2 | 101 | 1 | CIP391011.17 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 102 | 1 | CIP393371.157 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 103 | 1 | CIP392639.34 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 104 | 1 | CIP393280.57 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 105 | 1 | CIP393385.47 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 106 | 1 | CIP393085.5 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 107 | 1 | CIP393248.55 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 108 | 1 | CIP393242.5 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 109 | 1 | CIP393079.4 | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 110 | 1 | CIP377744.1 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 111 | 1 | CIP393280.64 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 112 | 1 | CIP720064 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 113 | 1 | CIP393079.24 | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 114 | 1 | CIP393385.39 | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 115 | 1 | CIP392637.1 | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 116 | 1 | CIP384866.5 | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 117 | 1 | CIP393371.58 | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 118 | 1 | CIP393339.242 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 201 | 2 | CIP393385.39 | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 202 | 2 | CIP393371.157 | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 203 | 2 | CIP393079.24 | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 204 | 2 | CIP393339.242 | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 205 | 2 | CIP393079.4 | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 206 | 2 | CIP384866.5 | | | | | | | | | | | | | |

[\[🔍 Volver a la tabla "Registro de datos"\]](#)



LITERATURA CITADA

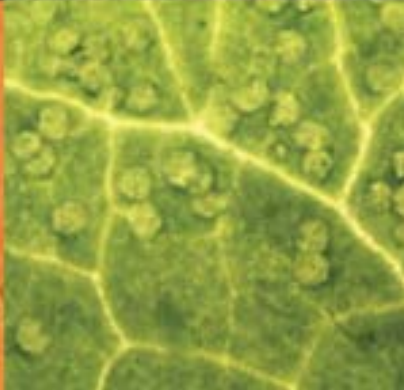
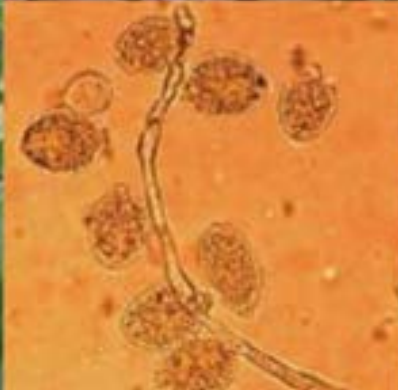
1. Agrios, G. N. 1989. Fitopatología. Mexico: Editorial Limusa.
2. Andrivon, D., Pelle, R., and Ellisseche, D. 2006. Assessing resistance types and levels to epidemic diseases from the analysis of disease progress curves : Principles and application to potato late blight. *American Journal of Potato Research* 83:455–461.
3. Annicchiarico, P. 1997. Additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) analysis of genotype-location interaction in variety trials repeated over years. *Theoretical and Applied Genetics* 94:1072–1077.
4. Bashi, E., Ben-Joseph, Y., and Rotem, J. 1982. Inoculum potential of *Phytophthora infestans* and the development of potato late blight epidemics. *Phytopathol.* 72:1043–1047.
5. Beaumont, A. 1947. The dependence on the weather of the dates of outbreak of potato blight epidemics. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 31:45–53.
6. Campbell, C. L., and Madden, L. V. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. New York: John Wiley & Sons.
7. Collinge, D. B., and Slusarenko, A. J. 1987. Plant gene expression in response to pathogens. *Plant Molecular Biology* 9:389 – 410.
8. Cooke, L., Schepers, H., Hermansen, A., Bain, R., Bradshaw, N., Ritchie, F., Shaw, D., Evenhuis, A., Kessel, G., Wander, J., Andersson, B., Hansen, J., Hannukkala, A., Nærstad, R., and Nielsen, B. 2011. Epidemiology and integrated control of potato late blight in Europe. *Potato Research* 54:183–222.
9. Cotes, J. M., Nuñez, C. E., Martínez, R., and Estrada, N. 2002. Analyzing genotype by environment interaction in potato using yield-stability index. *American Journal of Potato Research* 79:211–218.
10. Dick, M. W. 1995. Sexual reproduction in the Peronosporomycetes (chromistan fungi). *Canadian Journal of Botany* 73(Suppl. 1):5712–5724.
11. Drenth, A., Janssen, E. M., and Govers, F. 1995. Formation and survival of oospores of *Phytophthora infestans* under natural conditions. *Plant Pathology (Oxford)* 44:86–94.
12. Forbes, G. A. 2012. Using Host Resistance to Manage Potato Late Blight with Particular Reference to Developing Countries. *Potato Research* 55:205–216.
13. Forbes, G. A., Escobar, X. C., Ayala, C. C., Revelo, J., Ordoñez, M. E., Fry, B. A., Doucett, K., and Fry, W. E. 1997. Population genetic structure of *Phytophthora infestans* in Ecuador. *Phytopathology* 87:375–380.



14. Forbes, G. A., Goodwin, S. B., Drenth, A., Oyarzún, P., Ordoñez, M. E., and Fry, W. E. 1998. A global marker database for *Phytophthora infestans*. *Plant Disease* 82:811–818.
15. Forbes, G. A., and Jeger, M. J. 1987. Factors affecting the estimation of disease intensity in simulated plant structures. *Journal of Plant Diseases and Protection* 94:113–120.
16. Forbes, G. A., and Korva, J. T. 1994. The effect of using a Horsfall-Barratt scale on precision and accuracy of visual estimation of potato late blight severity in the field. *Plant Pathology* 43:675–682.
17. Forbes, G. A., Trillos, O., Turkensteen, L., and Hidalgo, O. 1993. Field inoculation of potatoes with *Phytophthora infestans* and its effect on the efficiency of selection for quantitative resistance in the plants. *Fitopatología* 28:117–120.
18. Fry, W. E. 1978. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. *Phytopathology* 68:1650–1655.
19. Fry, W. E., Grünwald, N. J., Cooke, D. E. L., McLeod, A., Forbes, G. A., and Cao, K. 2009. Population genetics and population diversity of *Phytophthora infestans*. In *Oomycete Genetics and Genomics: Biology, Interactions and Reserch Tools*, New York: Wiley-Blackwell, p. 139–162.
20. Garrett, K. A., and Mundt, C. C. 2000. Host diversity can reduce potato late blight severity for focal and general patterns of primary inoculum. *Phytopathology* 90:1307–1312.
21. Goodwin, S. B., Sujkowski, L. S., Dyer, A. T., Fry, B. A., and Fry, W. E. 1995. Direct detection of gene flow and probable sexual reproduction of *Phytophthora infestans* in Northern North America. *Phytopathology* 85:473–479.
22. Goodwin, S. B., Sujkowski, L. S., and Fry, W. E. 1995. Rapid evolution of pathogenicity within clonal lineages of the potato late blight disease fungus. *Phytopathology* 85:669–676.
23. Gopal, J., and Singh, B. 2003. Screening potato for resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) under field conditions. *Potato Research* 46:47–56.
24. Harrison, J. G. 1992. Effects of the aerial environment on late blight of potato foliage - a review. *Plant Pathology* 41:384–416.
25. Haverkort, A. J., Struik, P. C., Visser, R. G. F., and Jacobsen, E. 2009. Applied Biotechnology to Combat Late Blight in Potato Caused by *Phytophthora Infestans*. *Potato Res.* 52:249–264.
26. Haynes, K. G., and Weingartner, D. P. 2004. The use of area under the disease progress curve to assess resistance to late blight in potato germplasm. *American Journal of Potato Research* 81:137–141.
27. Hohl, H. R., and Iselin, K. 1984. Strains of *Phytophthora infestans* from Switzerland with A2 mating type behaviour. *Transactions of the British Mycological Society* 83:529–530.
28. Hollander, M., and Wolfe, D. A. *Nonparametric Statistical Methods*. 2nd ed.



29. Horsfall, J. G., and Barratt, R. W. 1945. An improved grading system for measuring plant disease. *Phytopathology* 35:655.
30. Jeger, M. J., and Viljanen-Rollinson, S. L. H. 2001. The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theoretical and Applied Genetics* 102:32–36.
31. Perez, W., Gamboa, S., Coca, M., Raymundo, R., Hijmans, R. J., and Nelson, R. 1999. Characterization of *Phytophthora infestans* populations in Peru. Lima, Peru: International Potato Center (CIP).
32. Rotem, J., Cohen, Y., and Putler, J. 1971. Relativity of limiting and optimum inoculum loads, wetting durations, and temperatures for infection by *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 61:275–278.
33. Rotem, J., Palty, J., and Lomas, J. 1970. Effects of sprinkler irrigation at various times of the day on development of potato late blight. *Phytopathology* 839–843.
34. Simon, R., Salas, E., Eyzaguirre, R., Hualla, V., de Haan, S., and Bonierbale, M. 2012. Desarrollo de un “software estadístico” para estandarización y chequeo de calidad de datos del campo en raíces y tubérculos (GDET4RT) para el mejoramiento de cultivos. 12th International Conference, ALAP, Uberlandia Brazil. Available at: <http://www.papaslatinas.org/>.
35. Tooley, P. W., Therrien, C. D., and Ritch, D. L. 1989. Mating type, race composition, nuclear DNA content, and isozyme analysis of Peruvian isolates of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 79:478–481.
36. Upton, G., and Cook, I. 2008. *A Dictionary of Statistics*. 2nd ed. United Kingdom: Oxford University Press.
37. Vanderplank, J. E. 1956. Horizontal (polygenic) and Vertical (oligogenic) resistance against blight. *American Potato Journal* 42:306.
38. Wale, S., Plat, H. W., and Cattlin, N. 2008. *Diseases, Pests and Disorders of Potatoes: A Colour Handbook*. Manson Publishing Ltd.
39. Yuen, J. E., and Forbes, G. A. 2009. Estimating the level of susceptibility to *Phytophthora infestans* in potato genotypes. *Phytopathology* 99:783–786.



El Centro Internacional de la Papa (CIP) es una organización que realiza investigación para el desarrollo con un enfoque en papa, camote, y raíces y tuberosas andinas. El CIP se dedica a entregar soluciones sostenibles basadas en descubrimientos científicos acerca de temas que apremian al mundo tales como el hambre, la pobreza, la equidad de género, el cambio climático, y la preservación de la frágil biodiversidad de nuestro planeta y los recursos naturales.

El CIP es un miembro del CGIAR.

El CGIAR es una asociación de investigación de la agricultura global para la seguridad alimentaria futura. Sus investigaciones se llevan a cabo en 15 centros de investigación que son miembros del Consorcio del CGIAR en colaboración con cientos de organizaciones asociadas.

www.cgiar.org

**Centro Internacional de la Papa • Av. La Molina 1895, La Molina •
Apartado 1558 Lima 12, Perú**