



# Metodologías de Evaluación Estándar y Manejo de Datos de Clones Avanzados de Papa

**Módulo 2. Evaluación del rendimiento de tubérculos sanos de clones avanzados de papa**  
**Manual para colaboradores internacionales**



© Centro Internacional de la Papa (CIP), 2014

ISBN: 978-92-9060-449-5

DOI: 10.4160/9789290604495

**Versión Digital**

Las publicaciones del CIP contribuyen a desarrollar información para el público en general. El CIP fomenta la reproducción de este material en sus propias publicaciones. El CIP tiene derechos de autor sobre esta publicación y requiere de una copia de las publicaciones donde aparece citada. Por favor, envíe una copia de la publicación donde se reproduce ese material o aparece la cita al Departamento de Comunicaciones y Difusión en la dirección indicada abajo.

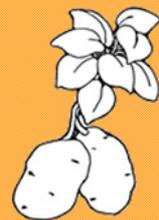
Centro Internacional de la Papa  
P.O. Box 1558, Lima 12, Perú  
cip@cgiar.org • www.cipotato.org

Cita

De Haan, S.; Forbes, A.; Amoros, W.; Gastelo M.; Salas, E.; Hualla V.; De Mendiburu F.; Bonierbale M. 2014. Metodologías de Evaluación Estándar y Manejo de Datos de Clones Avanzados de Papa. **Modulo 2: Evaluación del rendimiento de tubérculos sanos de clones avanzados de papa**. Guía para Colaboradores Internacionales. Lima (Perú). Centro Internacional de la Papa. 44 p.

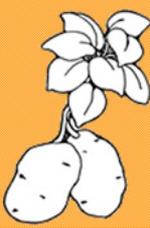
Traducción al español  
Cinthy Zorrilla  
Edición y Diagramación  
Sofia Tejada

**Setiembre 2014**

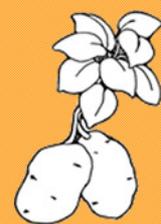


## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	5
MÓDULO 2: ENSAYOS DE RENDIMIENTO EN TUBÉRCULOS SANOS .....	7
LOCALIDAD .....	7
MATERIALES GENÉTICOS .....	7
DISEÑO EXPERIMENTAL .....	8
OTROS DISEÑOS .....	9
MANEJO DEL CAMPO E INFORMACIÓN SOBRE FACTORES AMBIENTALES .....	11
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS) .....	11
EVALUACIÓN DE PARÁMETROS .....	11
Periodo e Desarrollo Vegetativo .....	11
Número de tubérculos plantados por parcela (NTP) .....	11
Número de plantas emergidas por parcela (NPE) .....	11
Hábito de crecimiento de la planta (PGH) .....	11
Uniformidad de la planta (Plant_Unif) .....	13
Vigor de la planta (Plant_Vigor) .....	14
Grado de floración (Floración) .....	15
Senescencia (SE) .....	16
Periodo de Cosecha .....	17
Número de plantas cosechadas (NPH) .....	17
Número de estolones (Num_Stolon) .....	17
Largo de estolones (Leng_Stolon) .....	18
Apariencia del tubérculo (Tuber_Apper) .....	19
Uniformidad del tubérculo (Tub_Unif) .....	20
Tamaño del tubérculo (Tub_Size) .....	21
Número de tubérculos comerciales categoría I/parcela (NMTCI) .....	22
Número de tubérculos comerciales II/parcela (NMTCII) .....	22
Número de tubérculos no comerciales /parcela (NNOMTP) .....	22
Peso de tubérculos comerciales categoría I/parcela (MTWCI) .....	22
Peso de tubérculos comerciales categoría II/parcela (MTWCII) .....	22
Peso de tubérculos no comerciales/parcela (NOMTWP) .....	22
CÁLCULO DE VARIABLES .....	23
OTRAS EVALUACIONES .....	24
DEFECTOS EXTERNOS .....	24
PROBLEMAS INTERNOS .....	25
PORCENTAJE DE TUBÉRCULOS DEFECTUOSOS .....	25
REGISTRO DE DATOS .....	25
ANÁLISIS DE DATOS .....	26
TIPO DE DATOS .....	26
CONTROL DE LA CALIDAD DE DATOS .....	26
EJEMPLOS E INTERPRETACIÓN DE DATOS .....	27
VALIDACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	27
CRITERIO DE SELECCIÓN .....	27
LLENADO LA PLANTILLA DEL “DATA_COLLECTOR” PARA EL MÓDULO DE RENDIMIENTO .....	29
HOJA: MÍNIMA .....	29
HOJA: INSTALACIÓN .....	30



HOJA: LISTA DE MATERIALES .....	31
HOJA: MANEJO DEL CULTIVO .....	31
HOJA: DATOS DE CLIMA Y ANÁLISIS DE SUELO .....	32
HOJA: LISTA DE VARIEDADES .....	33
HOJA: LIBRO DE CAMPO .....	34
ANEXO 1 .....	35
DISEÑO DE PARCELAS DIVIDIDAS .....	35
Características .....	35
Randomización .....	35
DISEÑO LÁTICE PARCIALMENTE BALANCEADO .....	36
Características .....	36
Randomización .....	36
DISEÑO EXPERIMENTAL PARA GRANDES CANTIDADES DE GENOTIPOS .....	38
ALFA-LÁTICE .....	39
Características .....	39
Randomización .....	39
DISEÑOS EN BLOQUES AUMENTADOS .....	41
Características .....	41
Aleatorización .....	41
BIBLIOGRAFÍA .....	43

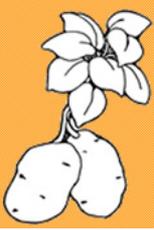


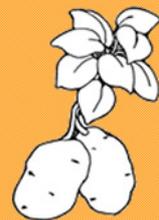
## I.- INTRODUCCIÓN

---

El Centro Internacional de la Papa (CIP) actualmente se encarga de evaluar ensayos de selección de papa en más de 50 países diferentes en África, Asia y Latino América. Cada región y subregión tienen científicos a cargo de monitorear las líneas de mejoramiento y selección varietal. La metodología presentada en esta guía está diseñada para colaborar con el personal calificado del CIP en la organización de los ensayos y datos de manera que éstos puedan ser compartidos, almacenados en una base centralizada e integrados al Sistema Global de Manejo de Datos de Ensayos.

Entre los mejoradores y colaboradores se realizan consensos sobre: (i) las características más importantes a ser observadas y medidas, (ii) procedimientos estandarizados y formatos para registrar los datos, (iii) un sistema global práctico y amigable para el usuario, permitiéndole fácilmente subir información, almacenar y compartir los datos.





## II.- MÓDULO 2: EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE TUBÉRCULOS SANOS DE CLONES AVANZADOS DE PAPA

---

Los ensayos de rendimiento en tubérculos sanos pueden conducirse con 1 hasta 30 clones y se recomienda para materiales avanzados que han mostrado comportamientos superiores para características importantes en experimentos de exposición dirigida.

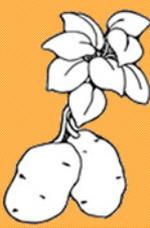
### Localidad

**Campaña 1:** Durante la primera campaña, los ensayos de rendimiento se establecen en una localidad representativa del área de producción de interés. Sin embargo, el número y la calidad de la semilla usada podrían forzar a realizar esta primera evaluación en una estación experimental.

---

**Campaña 2 en adelante:** Los ensayos de rendimiento se establecen en una o más localidades representativas de las áreas de producción de interés. Los ensayos de rendimiento pueden ser combinados con ensayos dentro y fuera de granjas experimentales, ensayos de manejo, selección participativa y/o experimentos de interacción GxE.

---



## Materiales genéticos

Pueden ser evaluados los clones o variedades del CIP y/o los programas de mejoramiento nacional. Al menos 2 de las variedades más comúnmente usadas deberían usarse como controles. Para las variedades de control y los clones debería usarse semilla de alta calidad y del mismo origen.

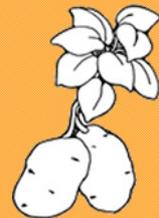
El ensayo de rendimiento en la primera campaña requiere al menos de 40 tubérculos semilla por entrada (10 plantas por surco), para ser plantada en tres replicaciones en una localidad. Durante las siguientes campañas, el tamaño de la parcela y el número de localidades debería incrementarse dependiendo de la disponibilidad de semilla.

## Diseño Experimental

Los ensayos de rendimiento en tubérculos sanos usan un **Diseño Aleatorizado de Bloques Completos (DBCA)**, donde las replicaciones de los clones son sembrados en bloques y dentro de cada bloque se distribuyen aleatoriamente todos los genotipos.

En el diseño DBCA, todos los tratamientos (clones avanzados/variedades) están agrupados en bloques uniformes. El propósito principal de formar bloques es reducir el error experimental eliminando fuentes de variabilidad como fertilidad del suelo o inclinación del campo. Con un patrón predecible de variabilidad del campo, la forma de la parcela y la orientación del bloque deben elegirse cuidadosamente de manera que las condiciones experimentales dentro de cada bloque sean lo más uniformes posibles.

Cuando el patrón de variabilidad del campo es unidireccional, se debería usar bloques largos y delgados. Cuando el patrón de variabilidad del campo no se puede predecir, los bloques deberían ser cuadrados o rectangulares de doble o múltiples surcos. Estos son preferibles en comparación a parcelas largas de un solo surco. Las parcelas de un solo surco no deberían utilizarse debido al efecto de la competencia entre unidades experimentales (efectos del borde debido a una parcela vecina dentro de un bloque).

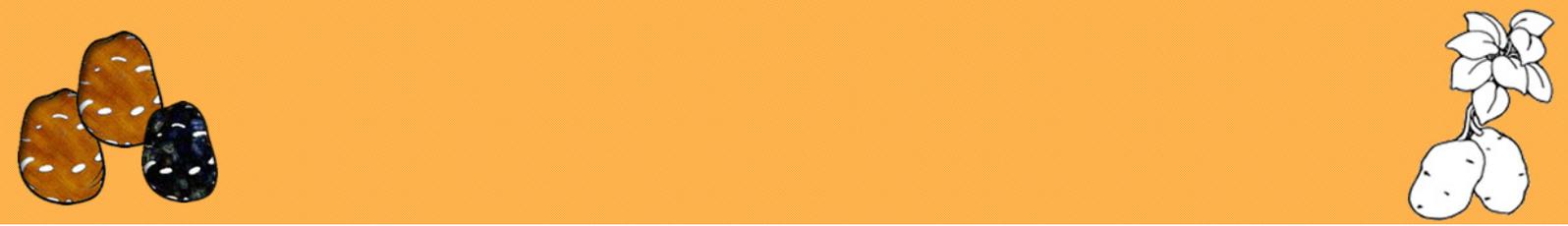


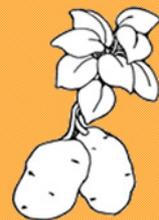
Idealmente, los ensayos de rendimiento en tubérculos sanos deben llevarse a cabo en al menos tres localidades. La principal ventaja de conducir ensayos de rendimiento en tres localidades es que se ahorra tiempo, porque en los ensayos de papa la variación temporal de ambientes puede reemplazarse por variación espacial de ambientes de evaluación (localidades). Los ensayos llevados a cabo en varias localidades permiten la separación de los efectos debido a los genotipos, interacción genotipo x ambiente y error entre las parcelas. Además con tres localidades divergentes es posible determinar los parámetros de estabilidad para cada genotipo, los cuales deben considerarse como un carácter adicional asociado con el rendimiento.

El proceso de aleatorización para el diseño DBCA se aplica para cada uno de los bloques. La aleatorización y los análisis estadísticos se pueden realizar con el Software "DataCollector". El análisis de varianza (ANOVA) es usado para analizar los datos colectados en un DBCA. Las fuentes de variación usadas en el modelo estadístico son tratamientos (variedades/clones), los bloques (repeticiones) y el error experimental para cada ambiente.

### Otros diseños

Dependiendo del tipo de ensayo y sus objetivos, se pueden aplicar diseños de ensayos adicionales (como un diseño de parcela dividida y látice). Breves descripciones del proceso de aleatorización de estos diseños se indican en el [anexo1](#). Información adicional puede obtenerse de manuales técnicos que se refieren a diseños de ensayos experimentales (Gomez y Gomez, 1984).





### III.- MANEJO DEL CAMPO E INFORMACIÓN SOBRE FACTORES AMBIENTALES

---

El manejo del campo debería seguir prácticas agronómicas estándares y metodologías locales para proteger el cultivo de plagas y enfermedades. Los datos meteorológicos y análisis de suelos son idealmente colectados para identificar patrones entre sitios experimentales y zonas agroecológicas. Los datos climáticos podrían ser fácilmente accesibles solo para ensayos en las estaciones, mientras que la disponibilidad para otros experimentos podría depender de la proximidad del lugar de evaluación a la estación meteorológica.

#### Sistema de Información Geográfica (SIG) – tomando coordenadas GPS

Para los mejoradores, la fortaleza en el manejo de datos espaciales es su capacidad de proveer información sobre la localidad en evaluación, que puede ser usada como soporte del análisis de interacciones genotipo x ambiente. Idealmente una coordenada de punto de referencia se toma como un instrumento de SIG para registrar la longitud, latitud y altitud para cada lugar de ensayo.

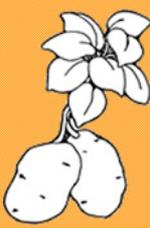
#### Evaluación de parámetros

Una vez que los ensayos de rendimiento de tubérculos sanos han sido establecidos, los siguientes datos agronómicos deberían colectarse durante:

#### Periodo de desarrollo vegetativo

**a) Número de tubérculos plantados por parcela (NTP):** Esta información se colecta al momento de la siembra.

**b) Número de plantas emergidas por parcela (NPE):** 45 días después de la siembra se cuenta el número de plantas emergidas.



**c) Hábito de crecimiento de la planta (PGH):** Se colecta 45 días después de la siembra, la evaluación se realiza considerando una escala de 1 a 3 (Gómez, 2004).

Escala	Estado	Descripción
1	<b>Erecto</b>	Los tallos son casi verticales y el ángulo de inserción entre el raquis de las hojas y el tallo principal es agudo, alrededor de 30°.
2	<b>Semi-erecto</b>	Los tallos tienen más o menos un crecimiento vertical, pero algunos tallos secundarios se abren un poco y el ángulo de inserción entre el raquis de las hojas y el tallo principal es más abierto, alrededor de 45°.
3	<b>Decumbente</b>	Los tallos son más abiertos, algunos tallos secundarios son abiertos al punto de alcanzar el suelo. De ese punto los tallos tienden a recuperar el crecimiento vertical. El ángulo de inserción entre el raquis de las hojas y el tallo principal es muy abierto, entre 60 a 90°. Estas plantas cubren el suelo muy bien y tienen la mayor parte de sus hojas expuestas a los rayos solares.

**Erecto**

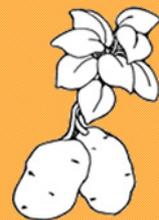


**Semi-erecto**



**Decumbente**





**d) Uniformidad de la Planta (Plant\_Unif):** Los datos son colectados 45 días después de la siembra, la evaluación se realiza usando una escala de 1 a 9. (Salas et al., 2004)

Escala	Estado	Descripción
1	Muy heterogéneo	Altura, vigor, y etapa del crecimiento muy heterogénea.
3	Heterogéneo	75% de las plantas muestran altura, vigor y etapa del crecimiento heterogéneo.
5	Intermedio	50% de las plantas muestran altura, vigor y etapa del crecimiento heterogéneo.
7	Uniforme	75% de las plantas muestran altura, vigor y etapa del crecimiento homogéneo.
9	Muy uniforme	100% de las plantas muestran altura, vigor y etapa del crecimiento homogéneo.

Muy heterogéneo



Heterogéneo



Intermedio

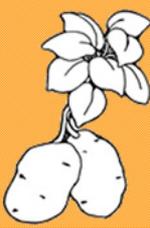


Uniforme



Muy uniforme





e) **Vigor de la Planta (Plant\_Vigor):** Los datos son colectados 45 días después de la siembra, la evaluación se realiza usando una escala de 1 a 9 (Salas et al., 2004).

Escala	Estado	Descripción
1	Muy débil	Todas las plantas son pequeñas (< 20 cm), pocas hojas, plantas débiles, tallos muy delgados y/o color verde claro.
3	Débil	75% de las plantas son pequeñas (< 20 cm) o todas las plantas son entre 20 y 30 cm, las plantas tienen pocas hojas, tallos muy delgados y/o color verde claro.
5	Intermedio	Intermedio o normal.
7	Vigoroso	75% de las plantas tienen más de 50 cm, robustas con follaje o color verde oscuro, tallos gruesos y hojas muy bien desarrolladas.
9	Muy vigoroso	Todas las plantas son de más de 70 cm y la cobertura del suelo es completa. Las plantas son robustas, con tallos gruesos y abundante follaje de color verde oscuro.

Muy débil



Débil



Intermedio

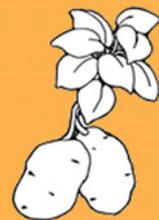


Vigoroso



Muy vigoroso





f) **Grado de floración (Flowering)**<sup>1</sup>: Los datos son colectados 60 días después de la siembra, la evaluación se realiza usando una escala de 1 a 7 (Bioversity & CIP, 2009; Gómez, 2004)

Escala	Estado	Descripción
0	Sin botones	No hay inflorescencia o inflorescencia rudimentaria.
1	Aborto de botones	Presencia de inflorescencias pequeñas o rudimentarias que pueden mostrar un aborto o punto de abscisión en la unión del pedicelo.
3	Poco	La floración es escasa con presencia de 2 o 3 flores (botones, botones florales, flores, frutos y abscisión de flores) por inflorescencia.
5	Moderado	La floración es moderada con 8 a 12 flores (botones, botones florales, flores, frutos y abscisiones florales) por inflorescencia.
7	Profuso	Floración profusa con 20 o más flores (botones, botones florales, flores, frutos y abscisiones de flores) por inflorescencia.

Sin botones



Aborto de botones



Poco



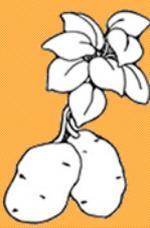
Moderado



Profuso



<sup>1</sup> No es necesario tomar esta variable para múltiples parcelas o años. Una vez que el grado de floración ha sido determinado no se requiere volver a evaluarlo.



**g) Senescencia (SE):** Los datos son colectados 70-90 días después de la siembra, la evaluación se realiza usando una escala de 1 a 9. (Amoros & Gastelo, 2011. Comunicación personal)

Escala	Estado	Descripción
1	Muy tardío	Todas las plantas aún muestran el follaje verde y flores.
3	Tardío	La mayoría de las plantas están aún verdes, la floración ya terminó y se pueden haber formado bayas.
5	Intermedio	Las plantas aún podrían estar verdes o iniciarse la senescencia, podría haber un pequeño amarillamiento. El ángulo de inserción sobre los tallos podrían ser más obtusos que en las plantas más jóvenes del mismo clon. La formación de bayas pueden ser avanzadas y abundantes en clones fértiles.
7	Precoz	Las plantas tienen follaje senescente, el amarillamiento es más avanzado pero los tallos podrían estar aún erectos. Si las bayas están presentes, su color se tornará de verde a verde pálido o verde amarillento.
9	Muy precoz	Las plantas son completamente senescentes, el amarillamiento es completo y uniforme, y los tallos son decumbentes.

Muy tardío



1

Tardío



3

Intermedio



5

Precoz

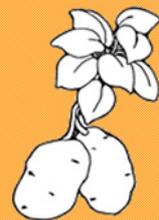


7

Muy precoz



9



Obviamente se pueden tomar las observaciones sobre enfermedades y daños de plagas. Debido a que el propósito del experimento es evaluar el rendimiento bajo un manejo óptimo del cultivo; prácticas de manejo integrado deberían usarse para controlar plagas y enfermedades.

### **Periodo de cosecha**

El follaje debería ser quemado o cortado 10 a 15 días antes de la cosecha. Se recomienda que las evaluaciones se conduzcan siguiendo esta secuencia:

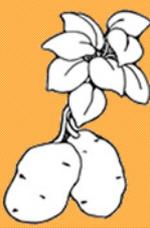
#### **a) Número de plantas cosechadas (NPH)**

**b) Número de estolones (Num\_Stolon)<sup>2</sup>:** La evaluación global del número y largo de los estolones basado en la inspección de los mismos se realiza usando una escala de 1 a 9. (Amoros & Gastelo, 2011. Comunicación personal)

<b>Escala</b>	<b>Estado</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	<b>Muy pocos</b>	Las plantas tienen muy pocos o no muestran estolones (0 a 4).
<b>3</b>	<b>Pocos</b>	Las plantas tienen de 5 a 10 estolones.
<b>5</b>	<b>Intermedio</b>	Las plantas tienen de 11 a 15 estolones.
<b>7</b>	<b>Alto</b>	Las plantas tienen de 16 a 25 estolones.
<b>9</b>	<b>Muy alto</b>	Las plantas tienen más de 25 estolones.

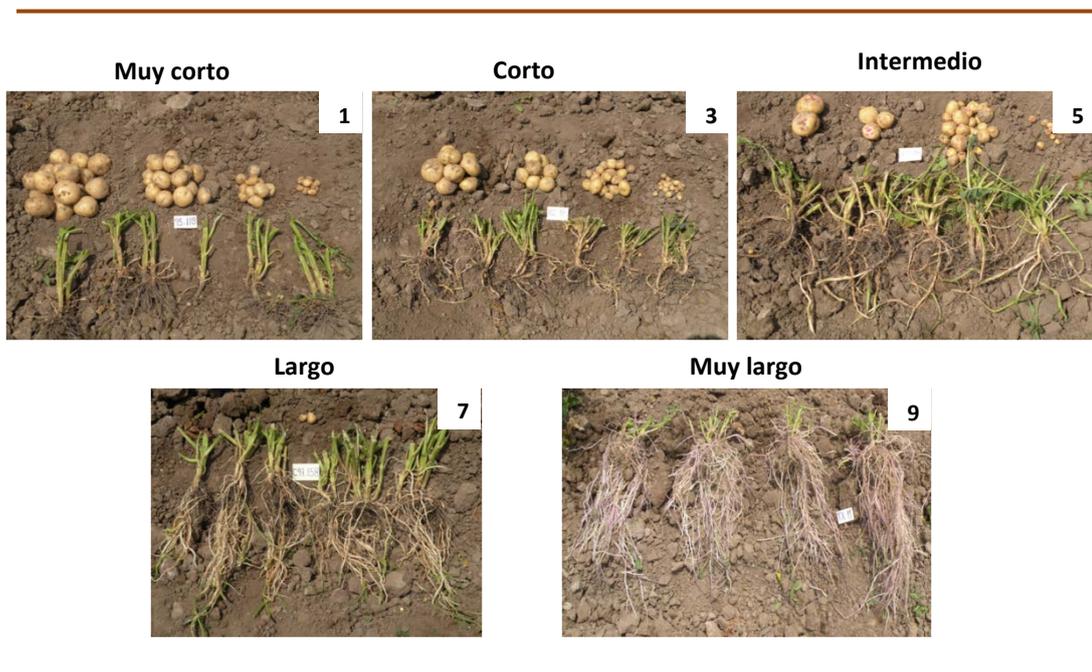
---

<sup>2</sup> No es necesario tomar esta variable para múltiples parcelas o años. Una vez que se determina esta variable no se requiere volver a tomar el dato.

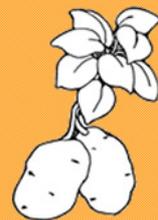


### c) Largo de estolones (Leng\_Stolon)<sup>3</sup>

Escala	Estado	Descripción
1	Muy corto	$X \leq 20$ cm largo.
3	Corto	$20 \text{ cm} < X \leq 40$ cm largo.
5	Intermedio	$40 \text{ cm} < X \leq 60$ cm largo.
7	Largo	$60 \text{ cm} < X \leq 80$ cm largo.
9	Muy largo	$X > 80$ cm largo.

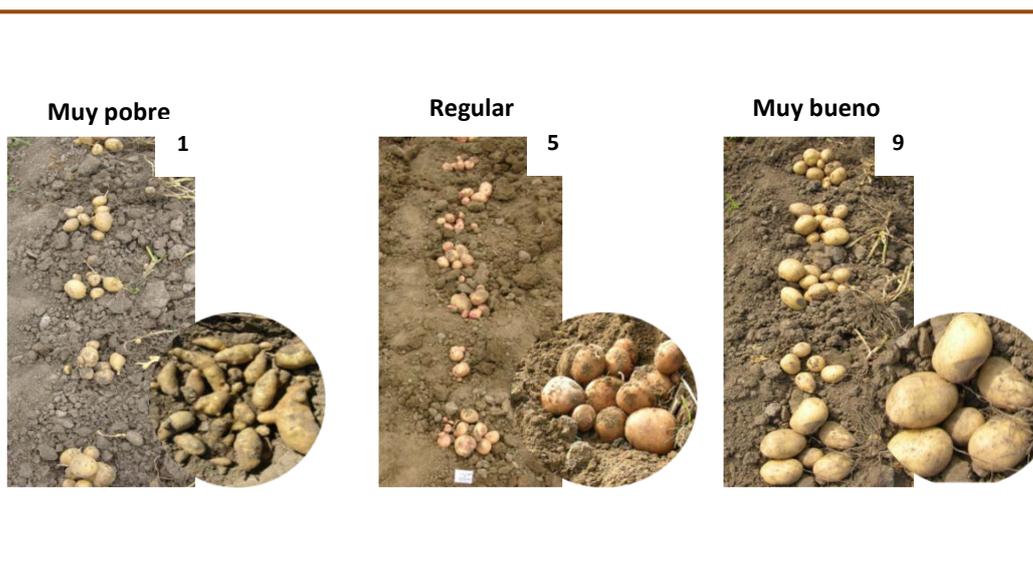


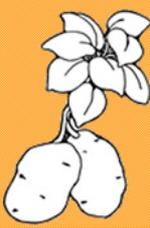
<sup>3</sup> No es necesario tomar esta variable para múltiples parcelas o años. Una vez que se determina esta variable no se requiere volver a tomar el dato.



**d) Apariencia del tubérculo (Tuber\_Apper).** (Amoros & Gastelo, 2011. Comunicación personal)

<b>Escala</b>	<b>Estado</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	<b>Muy pobre</b>	Muy poco rendimiento, tubérculos son totalmente deformes y de tamaño desuniforme.
<b>3</b>	<b>Pobre</b>	Bajo rendimiento, tubérculos son deformes y tamaño desuniforme.
<b>5</b>	<b>Regular</b>	Rendimiento intermedio, buena forma de tubérculo pero el tamaño de tubérculo desuniforme.
<b>7</b>	<b>Bueno</b>	Buen rendimiento, tubérculos muestran buena forma y tamaño uniforme.
<b>9</b>	<b>Muy bueno</b>	Alto rendimiento, tubérculos muestran buena forma y tamaño uniforme.





**e) Uniformidad del tubérculo (Tub\_Unif):** La evaluación global de uniformidad del tubérculo se basa en la inspección de tubérculos cosechados usando una escala de 1 a 9. (Amoros & Gastelo, 2011. Comunicación personal)

Scale	State	Description
1	Muy heterogéneo	Todos los tamaños de tubérculo están presentes (desde muy pequeños a grandes).
3	Heterogéneo	Todos los tamaños de tubérculo están presentes pero hay un tamaño predominante.
5	Intermedio	Hay solo 2 ó 3 tamaños de tubérculo pero hay un tamaño predominante.
7	Uniforme	Solo 2 tamaños están presente con un tamaño predominante.
9	Muy uniforme	Solo presenta un tamaño de tubérculo.

Muy heterogéneo

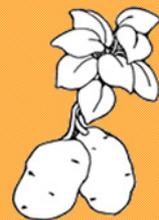


Intermedio



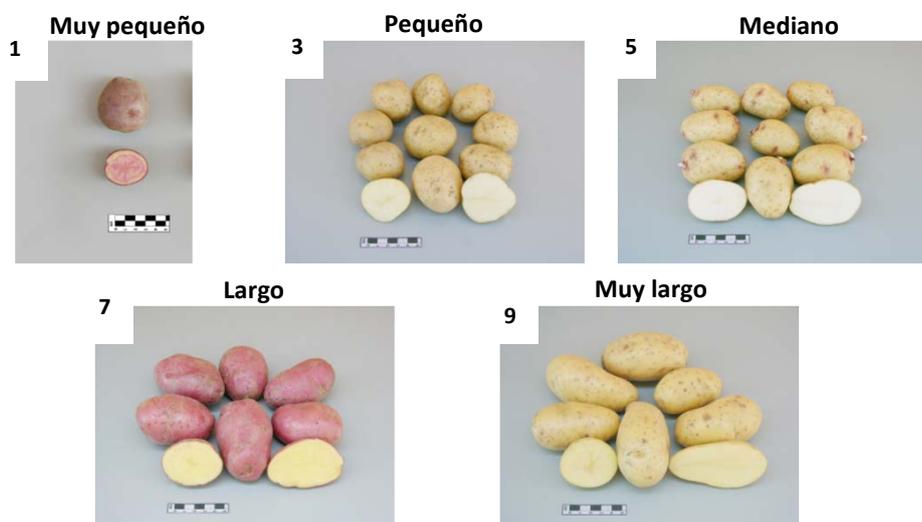
Muy uniforme

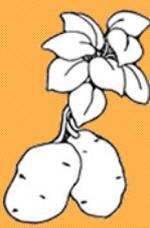




**f) Tamaño de tubérculo (Tub\_size):** Esta evaluación se lleva a cabo considerando una escala de 1 a 9. (Amoros & Gastelo, 2011. Comunicación personal)

<b>Escala</b>	<b>Estado</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	<b>Muy pequeño</b>	La mayoría de tubérculos son muy pequeños (<2 cm).
<b>3</b>	<b>Pequeño</b>	Los tubérculos son pequeños, entre 2 a 4 cm.
<b>5</b>	<b>Mediano</b>	Los tubérculos son medianos, entre 4 a 6 cm.
<b>7</b>	<b>Largo</b>	Los tubérculos son grandes, entre 6 a 9 cm.
<b>9</b>	<b>Muy largo</b>	Los tubérculos tienen más de 9 cm.





**g) Número de tubérculos comerciales categoría I/parcela (NMTCI):** Contar el número de tubérculos comerciales para la categoría I con peso entre 200-300 g o tubérculos de 60 mm de diámetro.

**h) Número de tubérculos comerciales categoría II/parcela (NMTII):** Contar el número de tubérculos comerciales para la categoría II con peso entre 80-200 g o tubérculos entre 30-60 mm de diámetro.

**Estas categorías I y II son arbitrarias y pueden ser cambiadas de acuerdo al país o región donde están siendo evaluadas.** Cada evaluador es libre de usar los criterios locales relevantes; sin embargo, cada categoría debería ser definida para facilitar la comparación de datos entre países.

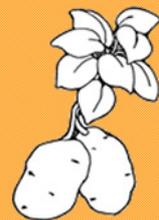
**i) Número de tubérculos no comerciales/parcela (NNoMTP):** Contar el número de tubérculos no comerciales que pesen menos de 80 g o que midan menos de 30 mm de diámetro.

**j) Peso de tubérculos comerciales categoría I/parcela (MTWCI):** Pesar los tubérculos comerciales categoría I/parcela. La unidad de medida es Kilogramos.

**k) Peso de tubérculos comerciales categoría II/parcela (MTWCII):** Pesar los tubérculos comerciales categoría II/parcela. La unidad de medida es Kilogramos.

**m) Peso de tubérculos no comerciales/parcela (NoMTWP):** Pesar los tubérculos no comerciales/parcela. La unidad de medida es kilogramos.

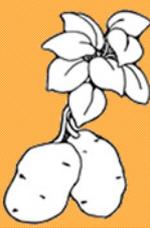
Los datos deberían ser chequeados para evitar cualquier error cometido durante la colección o transcripción y revisados tan pronto como sea posible, de manera que se puedan hacer las correcciones necesarias inmediatamente.



## Cálculo de variables

Muchas variables son calculadas utilizando los datos crudos obtenidos en el campo. Se debe considerar por lo menos calcular: Rendimiento total, Rendimiento de tubérculos comerciales y Promedio de peso de tubérculo.

Variable	Abreviaciones	Unidades	Fórmula
Porcentaje de plantas emergidas	<b>PPE</b>	Porcentaje	$\mathbf{PPE} = \frac{\mathbf{NPE} * 100}{\mathbf{NTP}}$
Porcentaje de plantas cosechadas	<b>PPH</b>	Porcentaje	$\mathbf{PPH} = \frac{\mathbf{NPH} * 100}{\mathbf{NTP}}$
Número de tubérculos comerciales/parcela	<b>NMTP</b>	Conteo	$\mathbf{NMTP} = \mathbf{NMTCI} + \mathbf{NMTCH}$
Número total de tubérculos/parcela	<b>TNTP</b>	Conteo	$\mathbf{TNTP} = \mathbf{NMTP} + \mathbf{NNoMTP}$
Número total de tubérculos/planta	<b>TNTPL</b>	Conteo	$\mathbf{TNTPL} = \frac{\mathbf{TNTP}}{\mathbf{NPH}}$
Número de tubérculos comerciales/planta	<b>NMTPL</b>	Conteo	$\mathbf{NMTPL} = \frac{\mathbf{NMTP}}{\mathbf{NPH}}$
Peso total de tubérculos/parcela	<b>TTWP</b>	kg	$\mathbf{TTWP} = \mathbf{MTWCI} + \mathbf{MTWCH} + \mathbf{NoMTWP}$
Peso total de tubérculos/planta	<b>TTWPL</b>	kg/pl	$\mathbf{TTWPL} = \frac{\mathbf{TTWP}}{\mathbf{NPH}}$
Rendimiento total de tubérculos ajustado	<b>TTYA</b>	tons/ha	$\mathbf{TTYA} = \frac{\mathbf{TTWPL} * \mathbf{PLD}}{1000}$
Rendimiento total de tubérculos sin ajustar	<b>TTYNA</b>	tons/ha	$\mathbf{TTYNA} = \left( \frac{\mathbf{TTWP}}{\mathbf{PLS}} \right) * 10$



Variable	Abreviaciones	Unidades	Fórmula
Peso de tubérculos comerciales/parcela	<b>MTWP</b>	kg	<b>MTWP = MTWCI + MTWCII</b>
Peso de tubérculos comerciales/planta	<b>MTWPL</b>	kg/pl	<b>MTWPL = <math>\frac{MTWP}{NPH}</math></b>
Rendimiento de tubérculos comerciales ajustado	<b>MTYA</b>	tons/ha	<b>MTYA = <math>\frac{MTWPL * PLD}{1000}</math></b>
Rendimiento de tubérculos comerciales sin ajustar	<b>MTYNA</b>	tons/ha	<b>MTYNA = <math>\left(\frac{MTWP}{PLS}\right) * 10</math></b>
Peso promedio de tubérculos	<b>ATW</b>	g	<b>ATW = <math>\left(\frac{TTWP}{TNTP}\right) * 1000</math></b>
Peso promedio de tubérculos comerciales	<b>ATMW</b>	g	<b>ATMW = <math>\left(\frac{MTWP}{NMTP}\right) * 1000</math></b>

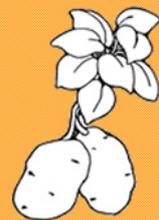
**Donde:** PLS= Tamaño de parcela neta PLD=Densidad de planta.

### Otras evaluaciones

Tomar una muestra aleatoria de 10 tubérculos por clon, cortarlos transversalmente y evaluarlos para:

**a) Defectos externos:** Como rajaduras, crecimiento secundario y verrugas.





**b) Problemas internos:** Como corazón vacío, puntos negros, necrosis por calor, y pudrición. Los defectos internos deberían reportarse a la cosecha. Esto es crítico para estimar la calidad para procesamiento.

**c) Porcentaje de tubérculos defectuosos:** Para cada clon, el número de tubérculos afectados se registra en la hoja Excel del DataCollector, junto a los resultados de rendimiento de tubérculo.

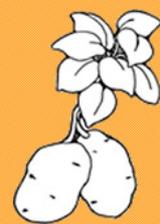
### Registro de datos

El CIP y sus colaboradores promueven el uso del programa "DataCollector" que ayuda a estandarizar y asegurar la calidad de los datos (Simon et al., 2012); y que es parte del Sistema Global de Manejo de Datos del Centro Internacional de la Papa y asiste a los investigadores en el análisis de datos calculando automáticamente las variables para ensayos de rendimiento de tubérculos.

Esta información se registra en las hojas Excel del DataCollector.

Fase	Componentes	Métodos	Formato para registro
<b>Instalación del experimento y caracterización de los ambientes de selección</b>	Datos mínimos	Lista	<a href="#">Minimal</a>
	Diseño experimental	Lista	<a href="#">Installation</a>
	Manejo del cultivo y fechas de evaluación	Lista	<a href="#">Crop Management</a>
	Lista de materiales	Lista	<a href="#">Material list</a>
	Datos de clima	Estación metereológica	<a href="#">Weather data</a>
	Análisis de suelos	Análisis de suelos	<a href="#">Soil Analysis</a>
<b>Resultados del Ensayo</b>	Variables observadas y calculadas		<a href="#">Fieldbook</a>





## Análisis de datos

### Tipo de Variable:

**Cuantitativa continua/variables discretas:** Variables numéricas que siguen aproximadamente una distribución normal (p. e. Rendimiento total de tubérculo, Materia seca, etc.) son analizados usando pruebas paramétricas.

**Variable cuantitativa ordinal (pseudo-cuantitativa):**

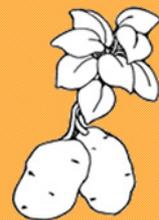
Variables numéricas que muestran en su distribución una desviación muy fuerte de una distribución normal (p. e. el porcentaje de plantas infectadas (el cual se usa en una evaluación de resistencia a una enfermedad en clones). Esta variable, la cual representa la estimación del daño observada por el evaluador, es más un rango de orden que una medida

**Variables ordinales cualitativas:**

Los datos no pueden ser medidos, estos son ordenados en una escala de evaluación. (p.e. valores con una escala de 1 a 9 para uniformidad de planta o valores con una escala de 1 a 3 para hábito de crecimiento de la planta). Las variables ordinales son analizadas y comparadas usando pruebas no paramétricas.

### Control de la Calidad de los Datos:

Los estadísticos simples como la media, error estándar, distribución de frecuencias y diagramas de cajas deberían usarse para explorar los datos. Los datos de rendimiento se analizan usando un análisis de variancia (ANOVA) y las medias se comparan usando pruebas de comparación estadística como LSD, Tukey, Waller-Duncan, y Bonferroni. Los contrastes ortogonales y las pruebas de Dunnett se pueden usar para comparar los clones

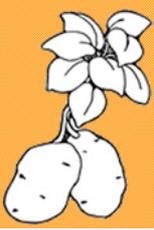


avanzados con los controles. Los análisis de variancia residual se recomiendan para validar el modelo y analizar el comportamiento de la variancia (homogénea o no). Todos los análisis estadísticos pueden ser analizados utilizando el DataCollector u otro paquete estadístico que facilite el análisis y reporte de los resultados.

### Ejemplos e Interpretación de Datos

**Validación del experimento.-** El coeficiente de variación para un ensayo evaluación del rendimiento de tubérculos sanos de clones avanzados de papa, que se considera se ha llevado a cabo bajo condiciones de campo apropiadas, no debe de exceder de un 30%.

**Criterio de selección.-** El rendimiento obtenido de cada clon avanzado se compara con el rendimiento obtenido por los controles. Es importante considerar el rendimiento comercial de la entrada más que el rendimiento total. En la mayoría de situaciones, la habilidad de un clon de desarrollar numerosos tubérculos pequeños se identifica como una característica negativa.





## IV.- LLENANDO LA PLANTILLA DEL DataCollector PARA EL MÓDULO DE RENDIMIENTO

Factor	Value
Short name or Title	
Version	V.2.1.0
Crop	potato
Type of Trial	yield
Comments	
Begin date	
End date	
Leader	
Collaborators	
Site short name	
Agroecological zone	
CIP Region	
Continent	
Country	
Admin1	
Admin2	
Admin3	
Locality	
Elevation	
Latitude	
Longitude	
Owner	International Potato Center
Publisher	International Potato Center
Type	dataset
Format	Excel 2003
Identifier	to be done: doi
Language	en
Relation	NA
License	© International Potato Center
Audience	Breeder
Provenance	original
Embargo till	2025-12-31
Quality Indicator	NA
Status	draft

Minimal Installation Material List Soil\_ar  
adv

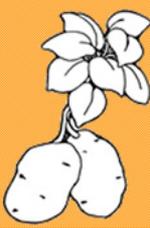
### Hoja: Minima

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, escribir una comilla simple antes de la fecha, con el propósito de mantener el formato de la fecha.

Ejemplo: '2014-04-07'

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



---

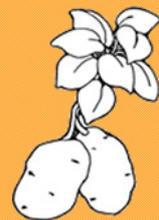
## Hoja: Instalación

Completar la información requerida de acuerdo a su diseño experimental. NOTA: El tamaño de parcela se refiere a la parcela neta a la cosecha.

---

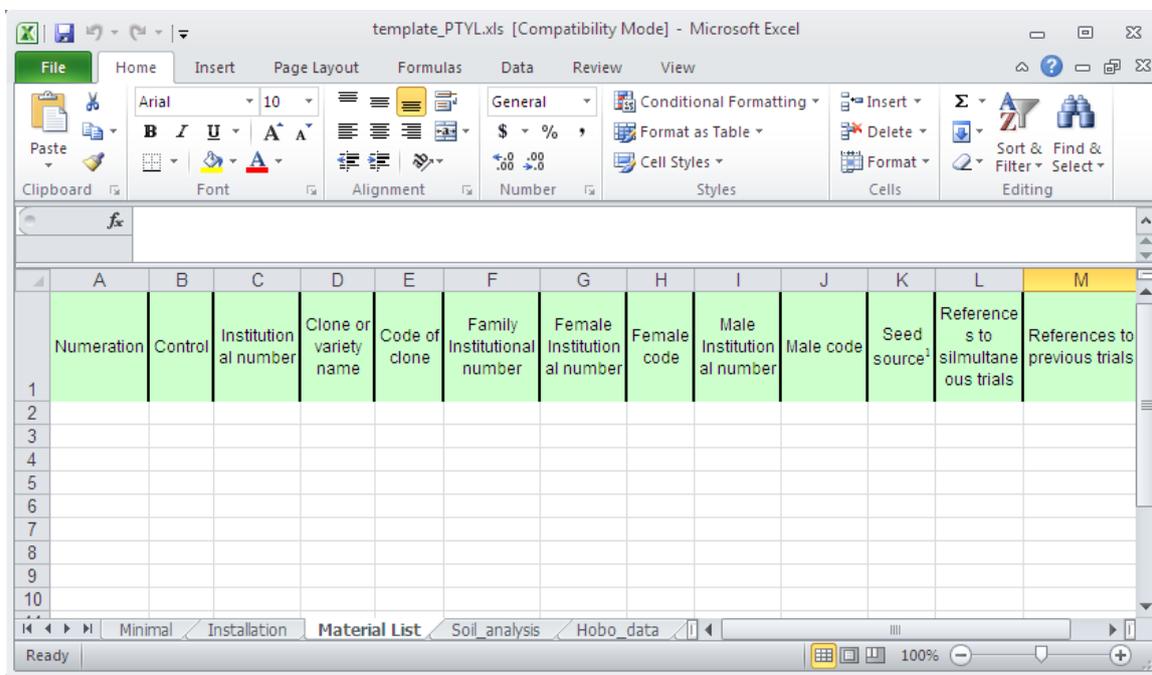
Factor	Value
Experimental design	Randomized Complete Block Design (RCBD)
Genetic design	
Labels for factor genotypes	Institutional number
Number of repetitions or blocks	4
Block size (applicable for BIBD only)	
Block number	
Experimental Environment	Field
Plot start number	1
Number of plants planted per plot	10
Number of plants per sub-plot	
Number of rows per plot	1
Number of rows per sub-plot	
Number of plants per row	10
Plot size (m2)	2.7
Distance between plants (m)	0.3
Distance between rows (m)	0.9
Planting density (plants/Ha)	37,037
Row direction	
Planting mode	
Area of the experiment	
Additional factor name	
Labels for additional factor, level 1	
Labels for additional factor, level 2	
Labels for additional factor, level 3	
Labels for additional factor, level 4	

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



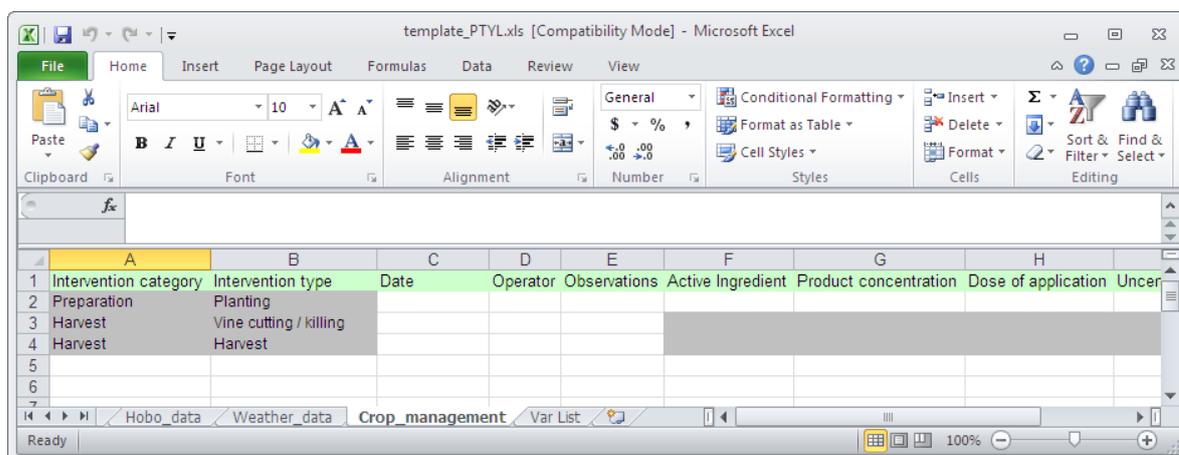
## Hoja: Lista de materiales

Completar el código de sus clones en la columna “Institutional number”, información de pedigrí y marcar con “x” el clon o genotipo control.



## Hoja: Manejo del cultivo

Colocar la fecha de siembra, de cosecha y de otras evaluaciones. Es importante colocar una comilla simple antes de la fecha para evitar que cambie de formato (año-mes-día): 'aaa-mm-dd, por ejemplo: '2014-04-07



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



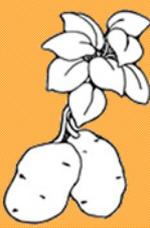


## Hoja: Lista de variables

Colocar la dirección (- / +) y peso (1/0.5) de selección dependiendo de la variable a analizar.

	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	x				
4	Plant uniformity	Plant_Unif					
5	Plant growth habit	PGH					
6	Plant vigor	Plant_Vigor	x	x			
7	Flowering degree	Flower					
8	Senescence	SE					
9	Percentage plants emerged	PPE					
10	Number of plants harvested	NPH					
11	Percentage of plants harvested	PPH					
12	Number marketable tubers category I/plot	NMTCI					
13	Number marketable tubers category II/plot	NMTCII					
14	Number of non-marketable tubers/plot	NNoMTP					
15	Total number of tubers/plot	TNTP					
16	Total number of tubers/plant	TNTPL					
17	Number marketable tubers/plot	NMTP	x				
18	Number marketable tubers/plant	NMTPL					
19	Marketable tuber weight category I /plot	MTWCI					
20	Marketable tuber weight category II/plot	MTWCII					
21	Non-marketable tuber weight/plot	NoMTWP	x				
22	Total tuber weight/plot	TTWP	x	x	x	+	1
23	Total tuber weight/plant	TTWPL					
24	Total tuber yield no adjusted	TTYNA	x	x	x	+	1
25	Total tuber yield adjusted	TTYA	x	x	x	+	1
26	Marketable tuber weight/plot	MTWP	x	x			
27	Marketable tuber weight/plant	MTWPL					
28	Marketable tuber yield adjusted	MTYNA	x	x	x	+	1
29	Marketable tuber yield no adjusted	MTYA	x	x	x	+	1
30	Number of Stolons	Num_Stolon					
31	Length of the stolon	Lenng_Stolon					

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

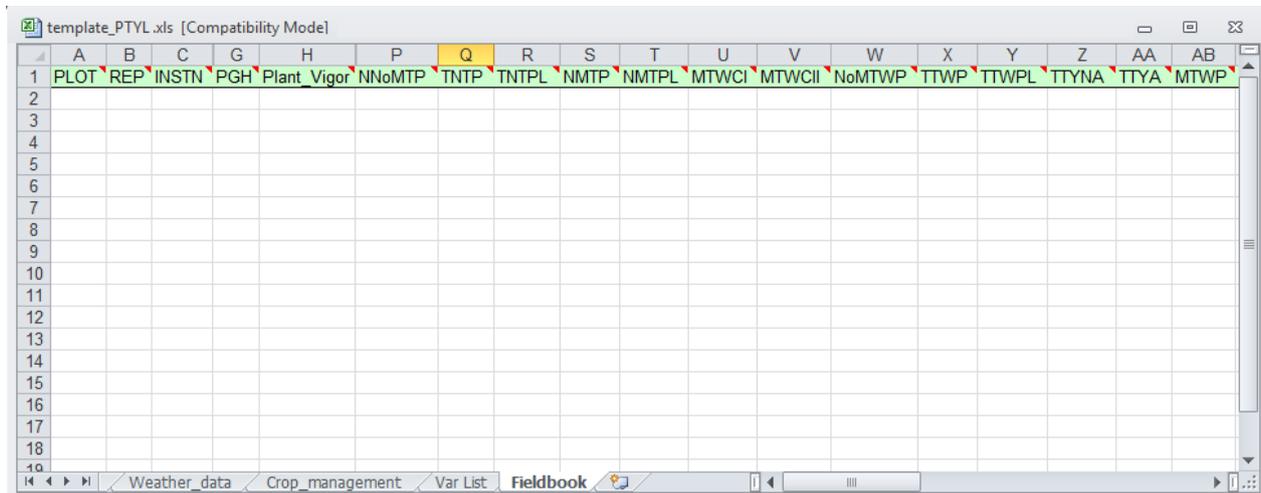


---

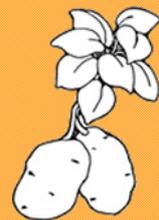
### Hoja: Libro de campo

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

---



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



## V.- ANEXO 1

Una breve descripción de los diseños en bloques incompletos usados más frecuentemente.

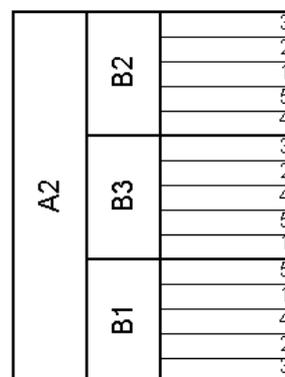
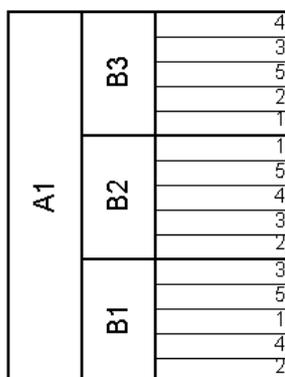
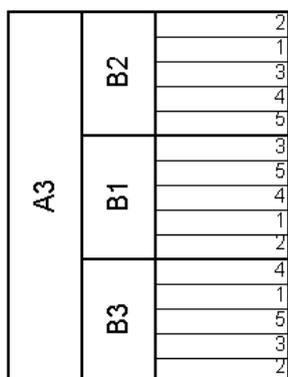
### Diseño de parcelas divididas

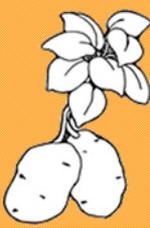
#### Características

El diseño de parcelas divididas es un tipo especial de diseño de bloques incompletos. El principio detrás de este diseño es que parcelas completas, sujetas a uno o más tratamientos (factor A), están divididas en sub-parcelas a las cuales se les han aplicado uno o más tratamientos (factor B). Por lo tanto, cada parcela completa podría ser considerada como un bloque para las sub-parcelas de los tratamientos (factor B), pero solo como bloques incompletos concernientes a los tratamientos (factor A + B). Este diseño se podría usar cuando un factor adicional (como densidad de siembra o uso de fertilizante) se quieren incorporar en el experimento para incrementar su alcance.

#### Randomización

La aleatorización es un proceso de dos pasos. Primero, los tratamientos del factor A son aleatorizados sobre la parcela completa; luego los tratamientos del factor B son aleatorizados dentro de las sub-parcelas.





## Diseño Látice Parcialmente Balanceado

### Características

El diseño látice parcialmente balanceado se recomienda cuando el número de tratamientos es muy grande o cuando las unidades experimentales son muy largas o cuando son muy heterogéneas. Los diseños de látice son diseños de bloques incompletos. Cada bloque no contiene todos los tratamientos, por ende la precisión de la comparación entre tratamientos difiere dependiendo si los tratamientos pertenecen al mismo bloque o no. El diseño látice (también llamado doble látice o látice cuadrado), es un diseño parcialmente balanceado en el cual el número de tratamientos es un cuadrado perfecto (9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 121 etc.) y el número de tratamientos dentro de cada bloque es igual a la raíz cuadrada del número total de tratamientos. Este diseño requiere dos replicaciones o un número de replicaciones que sean múltiplos de 2. Las unidades experimentales dentro de cada bloque incompleto deberían ser tan homogéneas como sea posible.

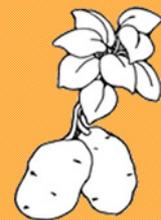
### Randomización

Los tratamientos se arreglan formando un cuadrado (paso 1). Los tratamientos son agrupados por fila, y luego por columna. El agrupamiento por fila se conoce generalmente como agrupamiento "X". El grupo de tratamientos en una fila formará un bloque.

#### Paso 1: Organización de tratamientos en un cuadrado

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

Todas las filas (bloques) constituirán una repetición (paso 2). El agrupamiento por columna se conoce generalmente como agrupamiento "Y". El grupo de tratamientos en una columna



constituirá otro bloque. Este agrupamiento “Y” formará la otra repetición (paso 3). El agrupamiento “X” e “Y” aseguran que los tratamientos ocurran juntos en el mismo bloque nuevamente.

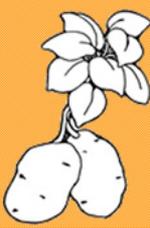
**Paso 2:** Repetición 1 (agrupamiento por fila o agrupamiento-X)

Bloque1	1	2	3	4	5
Bloque2	6	7	8	9	10
Bloque3	11	12	13	14	15
Bloque4	16	17	18	19	20
Bloque5	21	22	23	24	25

**Paso 3:** Repetición 1 (agrupamiento por fila o agrupamiento-Y)

Bloque6	1	6	11	16	21
Bloque7	2	7	12	17	22
Bloque8	3	8	13	18	23
Bloque9	4	9	14	19	24

Para cada repetición, la aleatorización es un proceso de tres pasos: los bloques son aleatorizados, cada tratamiento es aleatorizado dentro de cada bloque (paso 4), y finalmente un tratamiento se asigna aleatoriamente a cada parcela.



#### Step 4: Aleatorización

1- Repetición

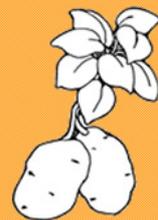
2-Bloque

3-Tratamiento

Bloque8	3	18	23	13	8
Bloque10	10	5	25	20	15
Bloque9	14	4	9	24	19
Bloque6	16	11	21	1	6
Bloque7	22	17	7	2	12
Bloque5	22	23	25	21	24
Bloque1	4	2	1	3	5
Bloque3	12	15	14	11	13
Bloque2	6	8	10	9	7

#### Diseños experimentales para grandes cantidades de genotipos.

Los datos fenotípicos son de vital importancia para la evaluación de la estructura del error dentro del medio ambiente para cada uno de los experimentos que se utilizarán más adelante en un análisis para múltiples ambientes (siglas en inglés MET). Por lo tanto, el control adecuado de la variabilidad local a través del diseño experimental eficiente es de vital importancia. La variabilidad espacial en el campo es un fenómeno universal que afecta a la detección de diferencias entre tratamientos en experimentos agrícolas mediante el aumento de la varianza del error experimental estimado. Recientemente, los diseños experimentales eficaces (no replicados y replicados) se han desarrollado, en el supuesto de que las observaciones no son independientes en parcelas contiguas en el campo (Cullis et al., 2006; Martin et al., 2004).



## Alpha-lattice

### Características

Es común tener en varios experimentos con un gran número de tratamientos pero con un número reducido de repeticiones. Para estos casos empleamos el diseño Alfa; un diseño de bloques incompletos que dividen las repeticiones en bloques que contiene una fracción del número total de tratamientos, donde ningún par de tratamientos debe aparecer más de una vez en un bloque. Los tratamientos se distribuyeron entre los bloques de manera que todos los pares se producen en los mismos bloques incompletos con casi la misma frecuencia.

El mejorador debe tener en consideración las siguientes condiciones (Patterson & Williams, 1976):

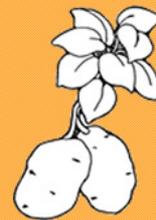
- El número de genotipos ( $v$ ) debe ser un múltiplo del tamaño del bloque ( $k$ ).
- El rango de repeticiones ( $r$ ) varía entre 2 y 4 ( $r=2, 3,4$ ).
- El número de bloques ( $s$ ) se obtiene dividiendo el número genotipos entre el tamaño del boque ( $s = v/k$ ).

**Caso I:** Cuando  $r=2$  y  $k \leq s$ .

**Caso II:** Cuando  $r=3$ , el número de bloques  $s$  es un número impar y  $k \leq s$ .

**Caso III:** Cuando  $r=3$ , el número de bloques  $s$  es número par y  $k \leq s-1$ .

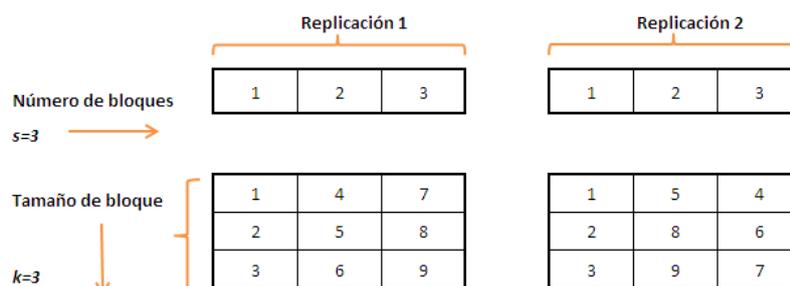
**Caso IV:** Cuando  $r=4$ , el número de bloques  $s$  un número impar pero no múltiplo de 3 y  $k \leq s$ .



## Randomización

### → Ejemplo 1

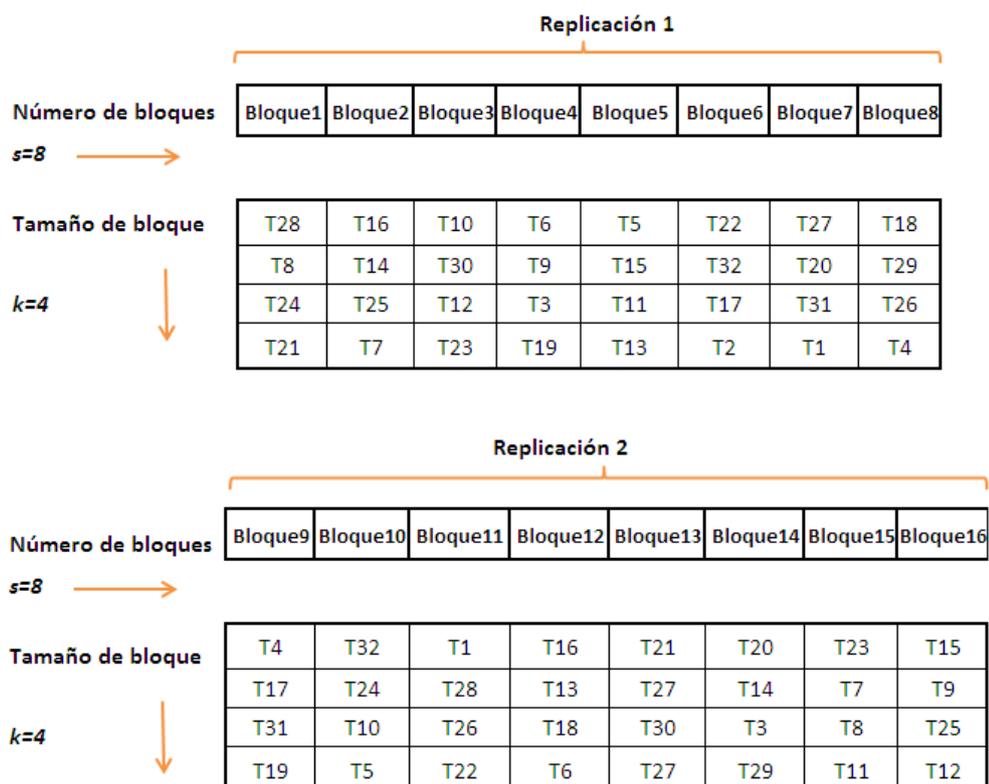
Supongamos un diseño alfa con 2 replicaciones, 9 tratamientos y un tamaño de bloque de 3. Se desprende de los anterior que el número de bloques es igual a  $s=3$ .

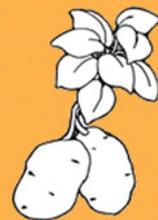


### → Ejemplo 2

Supongamos un diseño alfa con  $T=32$  tratamientos  $\{T_1, T_2, T_3, \dots, T_{32}\}$  y con un tamaño de bloque  $k=4$ . Por lo tanto el número de bloque es  $s=8$ .

Gráficamente el randomizado bajo el diseño Alfa se representará,





## Diseños de Bloques aumentados

### Características

Estos diseños constan de una sola repetición. Son apropiados para pruebas en las que hay muchos genotipos o clones pero teniendo como limitante el número de tubérculos semilla.

Los controles o testigos se repiten de manera sistemática en cada bloque para controlar la heterogeneidad del ambiente. Las repeticiones de los testigos miden la variación espacial y las unidades experimentales sin repetición se evalúan tomando los testigos adyacentes como base.

En general, los experimentos son implementados usando un diseño aumentado de bloques completamente al azar e inclusive con bloques incompletos.

### Randomización

Sea  $c$ : número de diferentes controles por bloque.

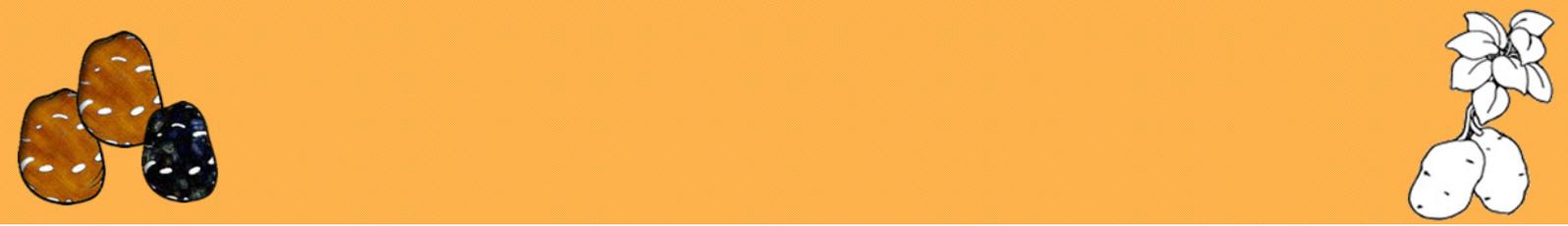
Sea  $r$ : número de bloques = número de repeticiones de un control.

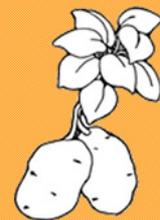
$V = 30$  genotipos  $\{V_1, V_2, \dots, V_{30}\}$

#testigos = 3  $\{a, b, c\}$

Número de bloques =  $((10) / (\#testigos-1)) + 1 = (10/2) + 1 = 6$

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6
v12	a	v20	v10	a	b
b	v26	c	v4	v15	a
v7	v21	v29	a	v9	v14
v11	c	v23	b	c	v5
v22	v2	v6	v13	b	v18
a	b	v28	c	v30	v27
v3	v17	b	v25	v1	v16
c	v8	a	v24	v19	c





## VI.- BIBLIOGRAFÍA

---

**Bioversity International; International Potato Center (CIP) 2009.** Key access and utilization descriptors for cultivated potato genetic resources.

[http://www.bioversityinternational.org/nc/publications/publication/issue/key\\_access\\_and\\_utilization\\_descriptors\\_for\\_cultivated\\_potato\\_genetic\\_resources.html](http://www.bioversityinternational.org/nc/publications/publication/issue/key_access_and_utilization_descriptors_for_cultivated_potato_genetic_resources.html)

**Cullis, B. R.; Smith, A. B. & Coombes, N. E. (2006).** On the design of early generation variety trials with correlated data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 11 (4), 381-393.

**International Potato Center (CIP). 2006.** Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. An International Cooperators' Guide.

**Gomez, K.A.; Gomez, A.A. 1984.** *Statistical Procedures in Agricultural Research*, New York, Chichester, etc.: Wiley, 2nd edition, paperback, pp. 680

**Gómez, R. (CIP). 2004.** Guía para las caracterizaciones morfológicas básicas en colecciones de papas nativas: Sexta aproximación. Conservación In Situ de Cultivos Nativos y sus Parientes Silvestres INIEA. Seminario - Taller Nacional de Caracterización In Situ. Lima (Peru). INIEA. pp. 44-71.

**Martin, R.; Eccleston, J.; & Chan, B. (2004)** Efficient factorial experiments when the data are spatially correlated. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 126(1), 377-395.

**Patterson, H.D. & Williams, E. R. (1976).** A new class of resolvable incomplete block designs. *Biometrika*, 63(1), 83-92.

**Salas, E.; Mihovilovich, E.; Amoros, W.; Bonierbale, M. (CIP). 2004.** Estimation of variability for PLRV resistance in tropically adapted potatoes. *American Journal of Potato Research*. (USA). ISSN 1099-209X. 81(1):86

**Simon, R.; Salas, E., Eyzaguirre, R.; Hualla, V.; de Haan, S.; & 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. In *12th International Conference, ALAP, Uberlandia Brazil*.



Ciencia para un futuro sin hambre

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](http://www.cgiar.org)

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