

Jhonson E. Douglas
Adriel E. Garay

La evaluación de todas las plantas en un campo semillero (toda la población) es impráctico al menos que el lote sea muy pequeño, por tanto, es necesario inferir los parámetros del lote basados en un muestreo. Una técnica de muestreo es necesario para eliminar las suposiciones, opiniones o preferencias personales.

La adopción y uso de una técnica adecuada de muestreo no sólo contribuye a la mejor estimación de los factores contaminantes, sino también uniformiza los criterios de todos los inspectores y por ende aumenta la eficiencia y efectividad del servicio de certificación. Debe también recordarse que un requisito previo para realizar una buena inspección es el conocimiento del inspector de lo siguiente:

1. Características varietales de los cultivos que ha de inspeccionar, con especial énfasis en el reconocimiento de mezclas y plantas etípicas.
2. Reconocimiento de enfermedades comunes del cultivo y con énfasis en los que sólo se permiten en ciertos porcentajes en las tolerancias de campo. El inspector debe también conocer el modo de transmisión, prevención y control de las enfermedades importantes.
3. Malezas prohibidas, y comunes etc. Con especial énfasis en las malezas que se indican como prohibidas o como novivas o como inseparables en los cultivos específicos.
4. Anormalidades causadas por factores puramente agronómicos o fisiológicos como deficiencias nutricionales, sequía, variaciones de temperatura, escaldaduras, etc.
5. Debe conocer los factores y las prácticas que son necesarias para la producción de una semilla de alta calidad.
6. Debe saber y usar una metodología adecuada de muestreo de campo.
7. Debe conocer y si fuera posible de memoria, los niveles de tolerancia de los factores contaminantes en el cultivo con que trabaja.

Normalmente se necesitan hacer varias inspecciones, en un período corto. Entonces, la técnica correcta de muestreo permitira un mayor grado de exactitud en el menor tiempo invertido por el inspector. Por tanto es necesario

* Ofrecido en el tercer curso internacional de tecnología de Semillas en el CIAT, 1980.

seguir una metodología adecuada y basada en principios bien fundamentados para que el fallo acerca del campo sea correcto. En caso contrario podrían aceptarse como semilla algunos campos que no reúnen los requisitos de calidad, mientras que se descalificarían algunos campos que sí reúnen los requisitos.

Para aumentar la exactitud y precisión en la inspección se deben tener en cuenta dos aspectos: (1) Trayectoria de recorrido en el campo y (2) Número y tamaño de muestras tomadas.

I. Trayectoria de recorrido en el campo. La trayectoria seguida através del campo sembrero permitirá la mayor o menor exactitud en la inspección y el ahorro ó pérdida inecesaria de tiempo. Es sabido que para que se estime las condiciones de la población con mayor exactitud y precisión, se requiere un número adecuado de muestras y que éstas sean tomadas en ciertos lugares para representar bien al lote.

La Figura 1 muestra un patrón de recorrido aceptable. El recorrido no es excesivamente largo, pero el trayecto permitirá un alto potencial de inspección (entendiéndose por potencial de inspección el grado de observación que puede realizar el inspector por distancia caminada). Además este patrón permitirá mayor exactitud debido a la buena distribución de las muestras a través del campo. Siguiendo esta trayectoria las muestras podrían tomarse a ciertos intervalos dependiendo del número de muestras necesarias para el tamaño del lote en cuestión y también se podría observar áreas con problemas sin salirse demasiado de su trayecto.

Puntos importantes acerca del trayecto

1. Cubra el área lo más que pueda, pero considerando siempre el potencial de inspección del trayecto sin usar demasiado tiempo, pero sin sacrificar la precisión y exactitud de las conclusiones.
2. En el trayecto revise las esquinas y lugares con problemas potenciales.
3. El trayecto debe permitir que se crucen todos los surcos en el campo.
4. Salga del trayecto campo si fuera necesario para verificar el aislamiento de campos vecinos.

II. Muestras. Como regla práctica

Para todos los cultivos, se requieren 5 muestras en las dos primeras hectáreas y una muestra adicional por cada 2 has adicionales, como se indica en el Cuadro.1. Esta tabla indica que para el tamaño del lote de la Fig. 1, serán necesarias 10 muestras.

CUADRO 1.-Número de muestras en función del tamaño del lote

Area del lote en Has.	Número de muestras necesarias
Hasta 2	5
2-4	6
4-6	7
6-8	8
8-10	9
10-12	10
Más de 12	10

Algunos cultivos como el maíz y otros cultivos que macollan pero que han sido transplantados con una sola planta por postura permiten hacer las evaluaciones en base al número de plantas, porque las plantas se pueden contar fácilmente. Otros cultivos que macollan y se siembran en chorro continuo o al voleo (dificultan) individualizar las plantas. Por estas razones en este último, es más práctico que la unidad de muestreo este constituido por una área tomada como unidad. Dado que la población de plantas varían dependiendo del cultivo, el número de plantas necesarias en cada muestra variará de cultivo a cultivo como se indica a continuación (Cuadro 2.)

CUADRO 2.-Número de plantas necesarias en cada muestra.

Cultivo	Número de unidades por muestra
Maíz	100 plantas
Frijol	500 plantas
Soya	1,000 plantas
Sorgo, trigo, cebada, arroz, avena, y similares.	1,000 cabezas florales (espiga, panoja, etc.)

SUBMUESTRAS

Para aumentar la precisión del muestreo y para disminuir la parcialidad, es preferible que cada muestra esté formada por varias submuestras. Así por ejemplo si se requiere 100 plantas por muestra, se podrían tener 10 submuestras de 10 plantas, ó 4 submuestras de 25 plantas, ó 2 submuestras de 50 plantas. Si se escoje 2, 4, 10 ó cualquier otro número de submuestras dependerá no sólo de la uniformidad del campo sino también del cultivo mismo y de nuestra facilidad de observar los factores contaminantes. Así por ejemplo, si se inspecciona un campo de maíz en post emergencia quizás con 4 submuestras estaríamos realizando una buena labor pero este mismo campo de floración requerirá aumentar el número de submuestras para así tener mejor distribución de los lugares muestrados através del campo y también porque la visibilidad en este estado de desarrollo es mínima. Estas variaciones necesarias también dependerán del tipo de cultivo,

así por ejemplo en campos de trigo o soya se podría tomar pocas submuestras porque del trayecto se pueden observar muchos metros a la redonda más no así en sorgo de porte alto. Igualmente se debe tener en mente el tipo de contaminante, es decir si el contaminante es una planta más pequeña y enmascarada por el cultivo será necesario aumentar las submuestras que cuando las atípicas sobresalen obviamente. Entonces, estas y otras razones de tipo técnico que el inspector conoce muy bien para su cultivo indicarán no sólo el número y tamaño de submuestras, sino también el número de muestras y el trayecto si fuera necesario.

En el campo de la Figura 1, donde necesitaba 10 muestras, teóricamente cada muestra se tomaría a cada 150 metros el uno del otro. Si decidimos dividir la muestra en 4 submuestras, el número total de submuestras necesarias en todo el lote sería $10 \times 4 = 40$ submuestras. Como la distancia del trayecto es 1500 m. las submuestras:

las tomaríamos aproximadamente a cada $(1500 \text{ m}/40)$ 38 metros, a través de la trayectoria.

Otras consideraciones útiles en el muestreo.

1. Todos los factores contaminantes deben examinarse en el trayecto o proceso del muestreo. Así en el trayecto evaluaremos plantas atípicas, plantas enfermas, malezas prohibidas, etc. según lo que indique las tolerancias.
2. Si el campo semillero se siembra con dos líneas parentales, el número prescrito de muestreos debe tomarse en cada padre por separado. Por ejemplo, en un híbrido de maíz de 12 has se deben tomar 10 muestras, esto significa que necesitaremos 10 muestras en los surcos hembras y 10 muestras en los surcos machos. Si cada muestra incluye 100 plantas, el número total de plantas hembras evaluadas será 1000 plantas y en los machos 1000 plantas.
3. Antes de comenzar a muestrear y después de haberse formado una idea del tamaño del campo, y la uniformidad del lote; al azar y en forma arbitraria, planifique el número de surcos que ha de cruzar después de evaluar una submuestra en un surco. Si usted decide que cruzará 5 surcos, tendrá que hacerlo así y será en el sexto surco que realizará el siguiente muestreo. En el caso que en el campo semillero tengamos líneas parentales machos y hembras, cruce el número necesario de surcos hasta encontrar la línea parental correspondiente. Se ahorrará tiempo si se trabajó en los surcos hembras y luego en los machos en forma alternada a medida que se avance por la trayectoria escogida.
4. En cultivos que no son sembrados por surcos, decida el número de pasos que avanzará al final de cada submuestra.
5. Aunque es aconsejable avanzar un mismo número de surcos o cruzar el mismo número de pasos cuando se cambia de surcos, si las condiciones locales como topografía, población de plantas, número de surcos, forma del campo, etc. lo exigen, el número de pasos o surcos avanzados entre submuestras puede modificarse durante el recorrido según el criterio técnico del inspector.
6. En cualquier inspección, si al terminar el muestreo se encuentra que cierto factor contaminante es mayor que el nivel permitido, pero todavía menos del doble del permitido, se debe realizar un re-muestreo si de esto depende la desaprobación del campo. En caso de que la contaminación es reversible (es decir que existe solución al problema), una reinspección podrá realizarse a pedido del productor pero después de que el factor contaminante haya sido erradicado. Esto será posible realizarlo toda vez que la contaminación no haya ocurrido por ejemplo: remoción de plantas atípicas antes de la floración de maíz, o mezclas varietales de trigo antes de la cosecha. Esta reinspección debe realizarse a solicitud del semillero y con pago de derechos adicionales. Este pago introduce un elemento

un elemento educativo muy útil para el productor.

Procedimiento de Muestreo

Maíz: Líneas puras, compuestos, sintéticos, otras variedades de polinización libre.

1. Antes de ingresar al lote decida cuántas muestras, submuestras, número de plantas por submuestras y cuantos pasos o surcos ha de avanzar entre submuestras.;
2. Entre al campo por un lado al azar y avance en sentido del surco.
3. Cuente las plantas empezando por cualquier planta al azar. Si se cuentan empezando de una planta atípica se estará cometiendo un error. Así si ha escogido tomar 10 plantas por submuestras, cuente las 10 plantas consecutivamente.
4. Entre las 10 plantas evalúe los factores contaminantes de importancia para el estado de desarrollo del cultivo.

-Plantas atípicas, mezclas varietales.

-Plantas con una ó más mazorcas receptivas.

-Plantas atípicas derramando polen o que ya hayan derramado polen.

-Cualquier otro factor listado en las tablas de tolerancias.

5. Camine el número de pasos que se fijó hacia la próxima submuestra, ya sea cruzando un número determinado de surcos o siguiendo por el mismo surco de acuerdo a la trayectoria escogida. En el sitio de la próxima submuestra, cuente 10 plantas y dentro de estas evalúe los mismos factores.
6. Repita este proceso a medida que avance por la trayectoria, hasta completar con el número de muestras necesarias de acuerdo al tamaño del campo i.e. 10 muestras en un campo de 12 has. Esto completa el muestreo del campo.

Cruzas de Maíz.

A. Surcos hembras.

1. Antes de ingresar decida cuántas muestras, submuestras, plantas por submuestra va a tomar y cuántos surcos piensa avanzar entre submuestras.
2. Entre el campo por un lado al azar y avance en la dirección del surco.
3. Comenzando de una planta tomada al azar en los surcos hembras cuente 10 plantas y dentro de ellos evalúe:
 - número de plantas atípicas, mezclas varietal, etc.
 - número de plantas con mazorcas receptivas.
 - número de plantas que esten o ya hayan derramado polen.
 - Otros factores.
4. Camine el número de pasos que se ha fijado hacia la próxima submuestra y repita el proceso. Cuando haya tomado 10 submuestras de 10 plantas cada una, habrá completado con las 100 plantas necesarias por muestra. Esto completa una muestra.
5. Repita el proceso hasta completar con el número de muestras necesarias para toda la extensión del campo. Esto completa el muestreo.

B. Surcos Machos.

1. Cuando llegue al surco macho cuente las submuestras de la misma manera descrita para los surcos hembras y evalúe:

- Plantas atípicas antes de la floración
- Plantas atípicas que están o ya han derramado polen durante la floración.

Sorgo: Líneas puras, variedades de polinización libre.

1. Antes de ingresar al lote decida cuántas muestras, submuestras va a tomar y cuántos surcos ha de avanzar entre submuestras.
2. Calcule en promedio el número de macollas, plantas ó panojas por paso. Esto puede hacerlo tomando muestras de un paso y repitiendo esto por 5 o 10 veces en varios lugares.
3. Sabiendo ya el número de panojas que hay por paso y sabiendo que necesitamos 1000 panojas por cada muestra podemos calcular el número de pasos necesarios para incluir las 1000 panojas. Así si cada paso contiene 20 panojas, se necesitarían 50 pasos para incluir las 1000 panojas. De aquí en adelante se puede trabajar sólo con pasos. Así se podría decidir que cada 10 pasos han de constituir una submuestra y que tendremos 5 submuestras por muestra.
4. Tomar una submuestra partiendo de cualquier planta al azar en el trayecto. Dentro de la submuestra (que en nuestro caso es 10 pasos) evaluar:
 - "Plantas" atípicas y mezclas antes de floración
 - Panojas atípicas en floración que están o ya han derramado polen.
 - Plantas o panojas afectadas por enfermedades designadas.
5. Avanzar en el trayecto, cruzando un número predeterminado de surcos, y tomar nuevamente otra submuestra y contar los factores arriba mencionados. Repetir esto hasta completar los 50 pasos que serían necesarios para una muestra. Entrar los resultados de esa muestra en la hoja de inspección.
6. Repetir el proceso tantas veces como fuera necesario de acuerdo al número de muestras que se requiere para el tamaño del campo semillero.

Sorgo: En cruces de mantenimiento y campos de hibridización.

1. Tomar decisiones sobre el número de muestras, submuestras que ha de tomar y cuántos surcos ha de avanzar entre submuestras.
2. Calcule en promedio el número de macollas, plantas o panojas por paso. Esto puede hacerlo tomando muestras de un paso y repitiendo esto por 5 ó 10 veces en varios lugares. Esto debe hacerse tanto en los surcos hembras como en los machos por separado si hay sospecha de que hay diferencia en densidad de población.
3. Sabiendo el número de macollas, plantas o panojas que hay por paso y sabiendo que necesitamos 1000 macollas, plantas o panojas por muestra decidiremos el número de pasos que tomaremos por submuestra. Así si cada paso contiene 25 panojas, se necesitarían 40 pasos para toda la muestra. Esta muestra podemos repartirlo en grupos de 4 pasos, 5 pasos, 10 pasos, etc. Cada grupo constituiría una submuestra.
4. Avance por el surco y comenzando de una planta al azar dé los pasos necesarios para la submuestra. Dentro de ese grupo de plantas cuente los factores contaminantes.

En surcos hembras:

- Panojas con polen fértil que están o ya han derramado polen.
- Plantas atípicas antes de floración por polen
- Panojas con enfermedades designadas.

5. En el trayecto se puede ir evaluando en los surcos machos en forma alternada. En estos surcos se evaluarán:

- Plantas atípicas antes de floración
- Plantas atípicas que están o ya han derramado polen.
- Plantas con enfermedades.

6. Avanzar en el trayecto hasta completar los 40 pasos necesarios para una muestra tanto en los surcos hembras como machos. Entrar o tabular los resultados de esa muestra en la hoja de inspección.

7. Repetir el proceso siguiendo el trayecto hasta completar el número de muestras necesarias de acuerdo al tamaño del campo semillero.

Otros cultivos sembrados en surcos a choro continuo (cebada, avena, arroz, soya, trigo)

1. Entrar al campo en un punto tomado al azar y determinar primero el número promedio de panojas, espigas o plantas por paso. Para esto podemos tomar muestras de un paso dentro de las cuales se evalúan el número de plantas. Esto debe repetirse de 5 a 10 veces en varios sitios para que el promedio sea más exacto.
2. Sabiendo el número de plantas o panojas que hay por paso será fácil calcular el número total de pasos necesarios para una muestra. Si un paso contiene 50 panojas necesitaré 20 pasos para la muestra. Esto puedo repartirlo en grupos (submuestras) de 4, 5, 10 pasos para facilitar el proceso.
3. Tomando al azar un surco y una planta dentro de ese surco, caminar el número de pasos necesarios para una submuestra.
4. En esta submuestra contar el número de plantas o panojas atípicas, cultivos inseparables, malezas prohibidas, plantas o panojas afectadas por enfermedades designadas, etc.
5. Avanzar hacia el lugar de la próxima submuestra y contar nuevamente los factores contaminantes.
6. Repetir este proceso tantas veces como fuera necesario hasta completar con el número de plantas o pasos que fuera necesarias para completar 1.000 cabezas florales que constituyen una muestra. Entrar los resultados de tal muestra en las hojas de inspección de campo.
7. Repetir el proceso através del trayecto hasta completar el número requerido de muestras de acuerdo al tamaño del campo semillero.

Cultivos sembrados al voleo (sin surcos)

1. Entrar al campo en un punto tomado al azar de cualquier lado del campo.
2. Estimar el número de plantas por metro cuadrado. Para esto use un metro cuadrado

también se puede usar una soga de 4 metros de diámetro con nudos a cada metro, lo cual se colocaría en el campo formando un metro cuadrado. Si no fuera posible ninguno de lo anterior es conveniente que cada inspector conozca la longitud de su paso. Tomar muestras por lo menos en 5 lugares diferentes y determinar el número promedio de plantas, macollas o panojas en un área conocido.

3. En una submuestra de un número conocido de metros cuadrados evalúe el número de plantas atípicas, malezas prohibidas, cultivos inseparables y plantas afectadas por enfermedades designadas. Ya que sabemos el número total de plantas contenidas en el área de esa submuestra, será fácil expresar las mezclas o cualquier contaminante en porcentaje o por unidad de área.
4. Caminar a otro lugar y tomar otra submuestra para evaluar los factores arriba mencionados.
5. Repetir el proceso hasta que se haya completado con 1.000 ó más en función de la densidad de población. Esto completaría una muestra.
6. Repetir el proceso entero hasta completar el número de muestras requeridas de acuerdo al tamaño del campo semillero.

Algunas ideas prácticas

- A. La metodología descrita se puede adaptar fácilmente a muestras y submuestras por área si las tolerancias de campo están expresados por unidad de área en vez de porcentajes.
- B. En los campos semilleros que implican dos líneas parentales, al muestrear los surcos machos es necesario muestrear también los bordes polinizadores.
- C. Las panojas en los hijuelos cortos de maíz y sorgo deben también evaluarse cuando se están muestreando los surcos hembras.
- D. El tiempo utilizado en la inspección puede reducirse haciendo las evaluaciones en dos surcos al mismo tiempo si el inspector estima que no introduce error.

Variaciones posibles a la metodología

Es conveniente que cada inspector nuevo sea incorporado a sus trabajos de inspección de campo siguiendo una metodología en forma sistemática. A través de los años de experiencia será posible mejorar y hacer modificaciones muy prácticas a tal metodología. Así, si todos los inspectores siguen una metodología común en vez de ideas muy propias se habrá conseguido una uniformidad que aumentará la efectividad en la inspección de campo.

También debe tenerse presente que el tamaño de muestras y submuestras requeridas dependerán del nivel en que existen los factores contaminantes. Así si las tablas de tolerancia de campo exigen bajísimos porcentajes de algún factor contaminante, será necesario tomar muestras y submuestras lo suficientemente grandes como para poder incluir ejemplares del factor contaminante. Así si la tabla de tolerancia indica que el máximo permitido de plantas atípicas es uno por mil (que es lo mismo que 1 en 1.000) la muestra debe contener por lo menos 1.000 plantas. Pero por otro lado, si una determinada maleza se permite sólo has 1 planta por hectárea la muestra mínima tendría que ser del tamaño de una hectárea (Ver apéndice.)