



Manual de determinación de rendimiento



Manual de determinación de rendimiento

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT®) (www.cimmyt.org) es un organismo internacional, sin fines de lucro, que se dedica a la investigación científica y a la capacitación relacionadas con el maíz y el trigo en los países en desarrollo. Basados en la solidez de nuestra ciencia y en nuestras asociaciones colaborativas, generamos, compartimos y aplicamos los conocimientos y las tecnologías con el objeto de incrementar la seguridad alimentaria, mejorar la productividad y la rentabilidad de los sistemas de producción agrícola, al mismo tiempo que se conservan los recursos naturales. El CIMMYT recibe fondos para su agenda de investigación de varias fuentes, entre ellas, del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) (www.cgiar.org), gobiernos nacionales, fundaciones, bancos de desarrollo e instituciones públicas y privadas.

La realización, edición y producción de este manual fue gracias al apoyo de la iniciativa MasAgro (Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional) en su componente Desarrollo Sustentable con el Productor. La iniciativa se concentra en el desarrollo de prácticas agronómicas innovadoras (incluye agricultura de conservación y de precisión) y en el uso de semilla de alto rendimiento.

© **Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)** 2012. Derechos reservados. Las designaciones empleadas en la presentación de los materiales incluidos en esta publicación, de ninguna manera expresan la opinión del CIMMYT o de sus patrocinadores respecto al estado legal de cualquier país, territorio, ciudad o zona, o de las autoridades de éstos, o respecto a la delimitación de sus fronteras. El CIMMYT autoriza el uso de este material, siempre y cuando se cite la fuente. La información incluida en la presente obra, *Manual de determinación de rendimiento*, es meramente indicativa, por lo que el CIMMYT no asume la responsabilidad de los resultados obtenidos en situaciones específicas.

Responsables de la información: Nele Verhulst, Ken Sayre y Bram Govaerts

Edición y propuesta gráfica: Martha G. Coronel Aguayo y Alets Klamroth

Cita correcta: *Manual de determinación de rendimiento*. 2012. México, D.F.: CIMMYT.

Foto: CIMMYT/ Xochiquetzal Fonseca

Descriptor AGROVOC: maíz; rendimiento; granos; biomasa; factores de rendimiento; plantas forrajeras; análisis de datos; peso hectolítrico; grano pequeño

Códigos de categorías AGRIS: F30 genética vegetal y fitomejoramiento
FO1 Cultivos

Clasificación decimal Dewey: 631.558 SAY

ISBN: 978-607-95844-7-4



Centro Internacional de mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
Km. 45, Carretera México-Veracruz. El Batán, Texcoco CP 56130. Edo. de México. MEXICO

Índice

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
PARTE 1. El área de cosecha	3
PARTE 2. El rendimiento de grano	6
PARTE 3. El rendimiento de biomasa de cultivos forrajeros	11
PARTE 4. El rendimiento de grano y sus componentes	16
4.1. Procedimiento para obtener el rendimiento de grano y sus componentes	17
4.2. Procedimiento para determinar el peso hectolítrico	25
4.3. Procedimiento para obtener el rendimiento de maíz y sus componentes	27

Guía de uso

El presente manual se divide en cuatro partes: la determinación del área de cosecha, lo necesario para obtener los datos para calcular el rendimiento de grano en cultivos de cereales; de biomasa en cultivos forrajeros y, la última parte, es la toma de datos para el rendimiento de grano y sus componentes (rendimiento y biomasa de grano pequeño y rendimiento y biomasa de maíz).



MATERIAL

Antes de comenzar la toma de datos, revise en la lista de la sección "Material", las herramientas necesaria para llevar a cabo cada uno de los procedimientos.



PREPARACIÓN Y COMENTARIOS

En estas secciones se le indica cómo y cuándo debe realizar un determinado procedimiento, así como recomendaciones del material que deberá utilizar.



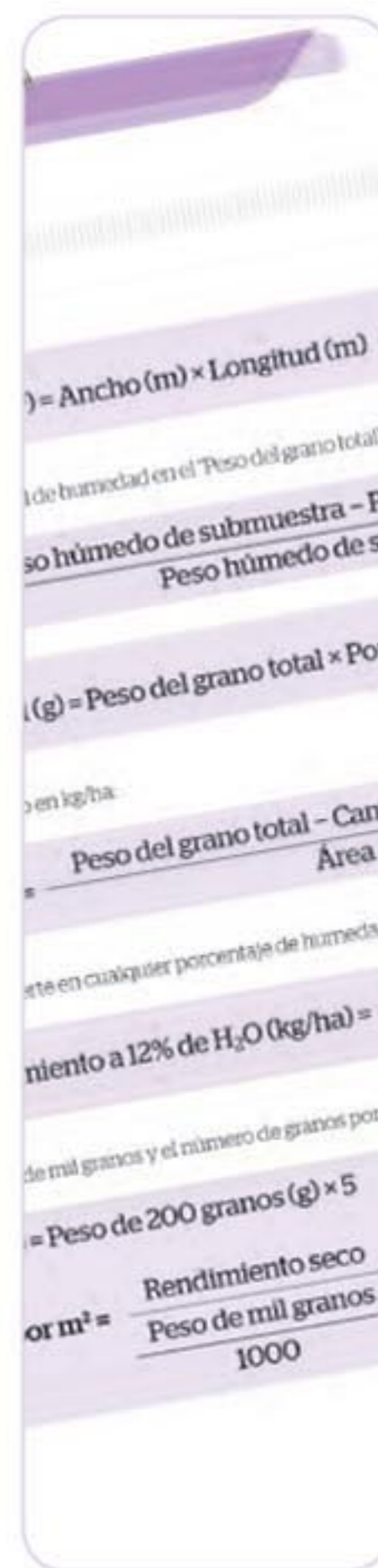
PROCEDIMIENTO

Se expone de manera gráfica y textual cada uno de los pasos que se deben seguir para obtener los datos para calcular rendimiento y biomasa en grano pequeño y maíz. Es importante que primero lea todo el procedimiento y después lo ejecute.



HOJA DE DATOS

En esta hoja deberá anotar los datos que obtenga de cada procedimiento.



CÁLCULOS

Esta sección presenta el conjunto de expresiones algebraicas para calcular el rendimiento y la biomasa, así como sus componentes.

Manual de determinación de rendimiento

Las prácticas agronómicas se evalúan con base en los datos de rendimiento de un cierto cultivo y por tanto, la información que se utiliza debe ser representativa y confiable.

El objetivo de este manual consiste en explicar de manera práctica cómo obtener dichos datos. En las siguientes secciones se describe el procedimiento, que se divide en cuatro partes. En la primera se indica cómo determinar el área de cosecha; en la segunda y tercera parte se explican algunos pasos sencillos para obtener los datos necesarios para calcular el rendimiento de grano en cultivos de cereales y de biomasa en cultivos forrajeros. Por último, se exponen con mayor detalle los casos de cereales de grano pequeño, así como de maíz y los diversos componentes de rendimiento de estos cultivos.

Es importante señalar que:

1

...para reportar los datos, todas las muestras deberán secarse de manera similar y todos los pesos deberán reportarse en unidades de gramos.

2

...en la descripción de los procedimientos, las muestras se secan en un horno experimental, de no contar con uno, pueden secarse al aire o al sol.

3

...si todas se secan en las mismas condiciones hasta que alcancen su peso constante, las fórmulas que aparecen en las secciones del presente manual, podrán aplicarse sin ningún problema.

4

...es primordial que en su reporte indique si obtuvo los datos secando las muestras al aire libre o al sol.

5

...el tamaño de muestras que se usa en este manual (p. ej. 10 plantas, 50 tallos, 200 granos, etc.) es indicativo, lo que significa que podrá tomarse como unidad de medida.

6

...si lo desea, puede utilizar muestras más grandes (ajustando los cálculos), pero no muestras más pequeñas, porque esto puede ocasionar un aumento en la variabilidad.

PORTE

1

El área de cosecha



Determinación del área de cosecha



El área de cosecha de la parcela, de la cual se quiere determinar el rendimiento será representativa. Algunos puntos que deben considerarse son:

El "efecto de borde" influye en el rendimiento, por tal motivo evite incluir las orillas en el área de cosecha.

El área de cosecha debe ser tan grande como para captar la variabilidad que hay dentro del campo.

Es importante tener en cuenta los implementos con que cuenta para esta tarea; por ejemplo, si dispone de una trilladora, puede elegir un área de cosecha más grande. Cuando la operación es manual, opte por áreas más pequeñas.

Evite tomar muestras en las orillas (borde) de la parcela, ya que puede ser que no sean representativas para la parcela debido al "efecto de borde".

Las áreas de cosecha donde ocurrió algo ajeno a un determinado tratamiento que pueda repercutir en el rendimiento final (por ejemplo, una mancha en el campo por daño de insectos), no podrán considerarse como representativas.

Se debe determinar, como mínimo, un área de cosecha de tres cuadros. Cada cuadro medirá 3 metros de largo y por lo menos una cama de ancho (en caso de camas) o medio "maquinazo" (cuando la siembra es en plano). Se puede aumentar el área de cosecha (puede ser el número de cuadros o la extensión de los cuadros), si la parcela es muy grande o si hay mucha variabilidad.

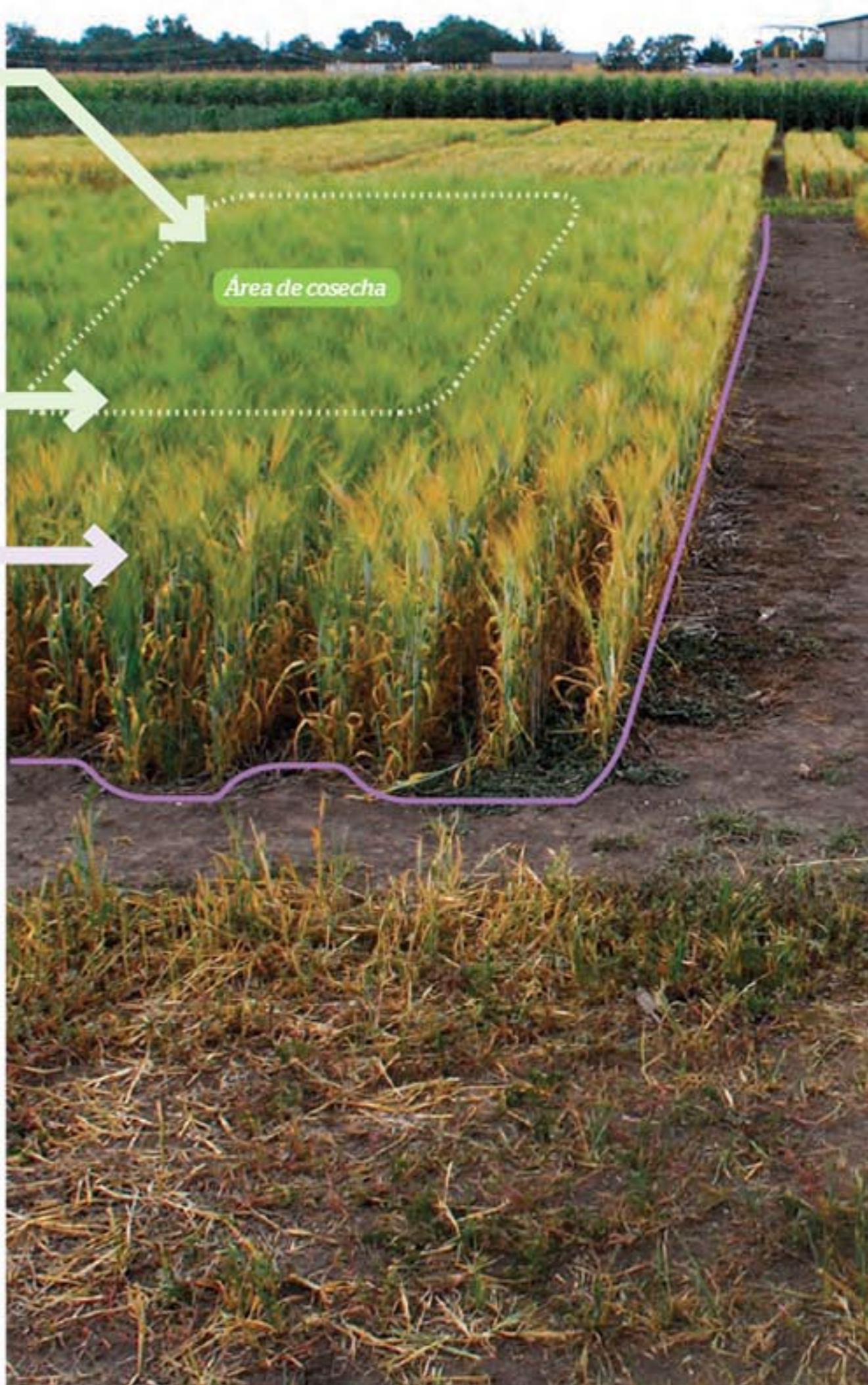
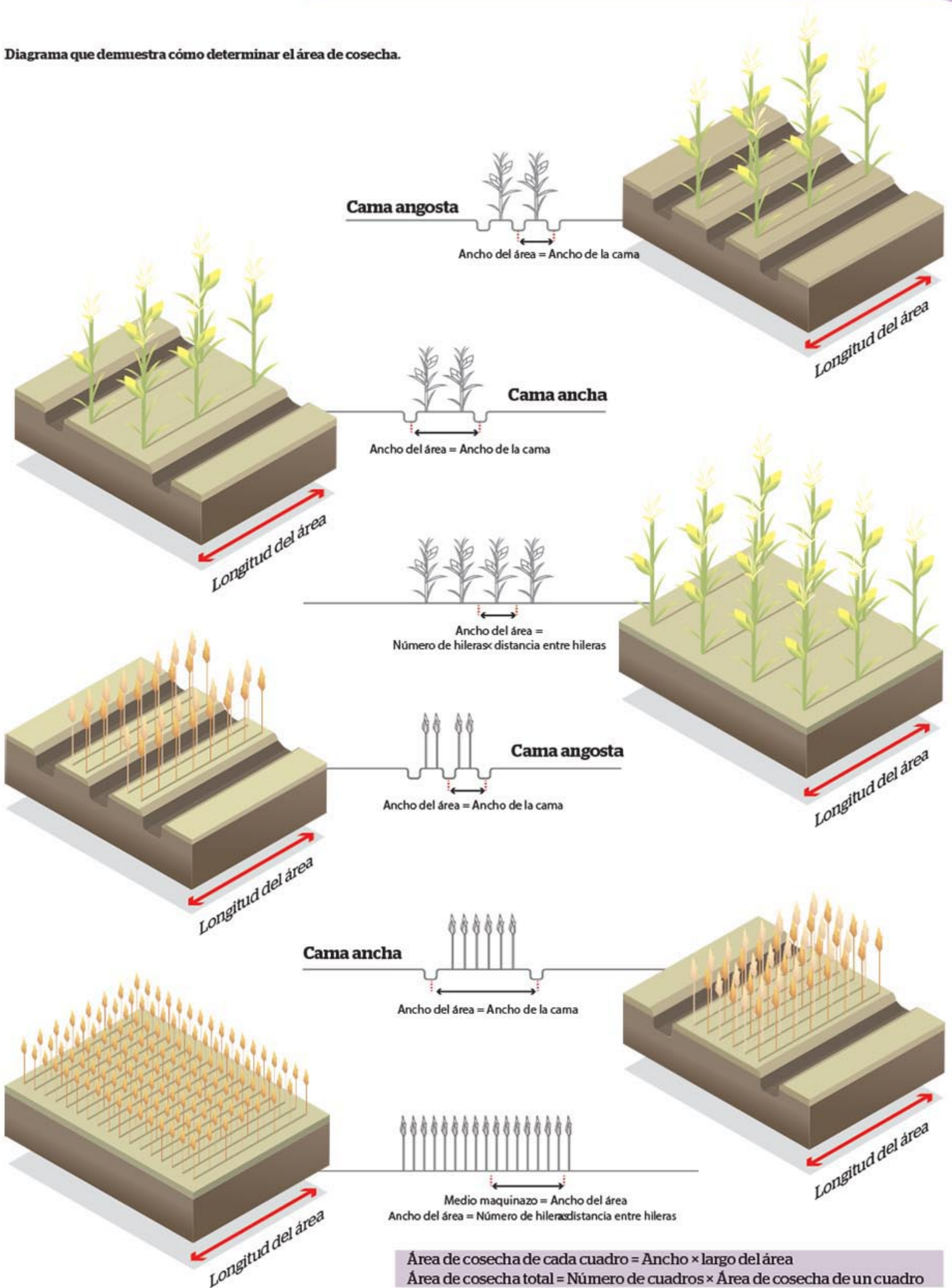


Diagrama que demuestra cómo determinar el área de cosecha.



Área de cosecha de cada cuadro = Ancho × largo del área
 Área de cosecha total = Número de cuadros × Área de cosecha de un cuadro



PARTE

2

El rendimiento de grano

Procedimiento para obtener solamente el rendimiento de grano

MATERIAL



■ 1 bolsa por cada parcela



■ 1 sobre grande y uno chico por cada parcela



■ Báscula



■ Horno



■ Material para cosechar grano (hoz, combinada, etcétera)



■ Marcador
■ Lápiz
■ Formatos para anotar datos



■ Mapa del ensayo o del campo del productor



■ Un cuadro para determinar el área de cosecha, si es que se hará con esta herramienta.

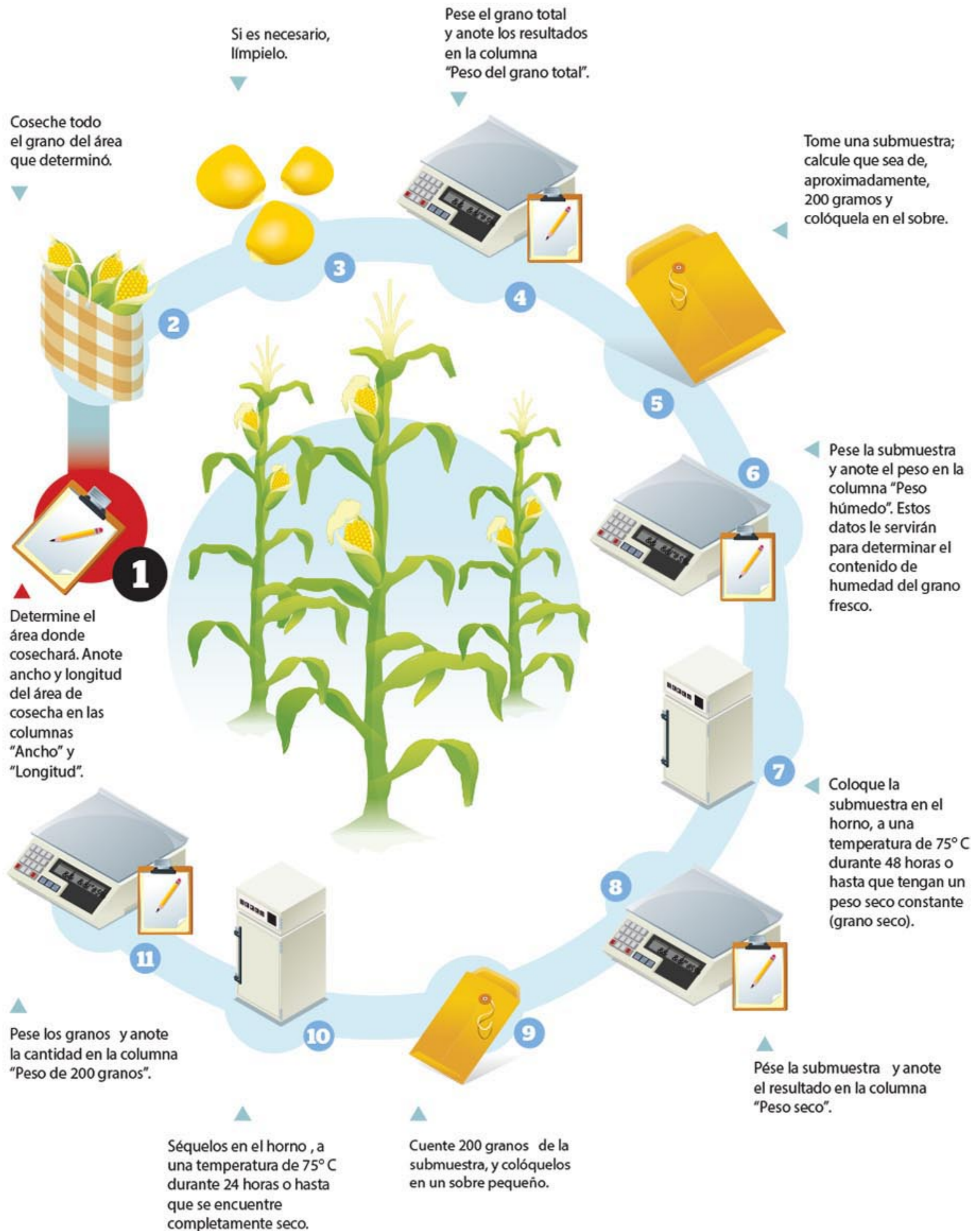


Material para el rendimiento de grano.

PREPARACIÓN Y COMENTARIOS

- Rotule las bolsas con las especificaciones correspondientes (nombre del ensayo, identificación de parcela, fecha de la trilla y el ciclo agrícola).
- Verifique que el material que necesite para el procedimiento esté en buenas condiciones, completo y listo para usarse.
- Este procedimiento puede emplearse en todo tipo de cultivo cuyo producto final sea la cosecha del grano, no así en cultivos forrajeros.

Diagrama que muestra el procedimiento para obtener solamente el rendimiento de grano.



CÁLCULOS

UNO. Primero calcule el área de cosecha en m²:

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \text{Ancho (m)} \times \text{Longitud (m)}$$

DOS. Para obtener el rendimiento seco: determine la cantidad de humedad en el "Peso del grano total":

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{Peso húmedo de submuestra} - \text{Peso seco de submuestra}}{\text{Peso húmedo de submuestra}}$$

$$\text{Cantidad de humedad (g)} = \text{Peso del grano total} \times \text{Porcentaje de humedad}$$

TRES. Ahora es posible que calcule el rendimiento seco en kg/ha:

$$\text{Rendimiento seco (kg/ha)} = \frac{\text{Peso del grano total} - \text{Cantidad de humedad}}{\text{Área}} \times 10$$

CUATRO. A continuación, el rendimiento se convierte en cualquier porcentaje de humedad, por ejemplo 12%:

$$\text{Rendimiento a 12\% de H}_2\text{O (kg/ha)} = \frac{\text{Rendimiento seco}}{0.88}$$

CINCO. Del peso de 200 granos, calcule el peso de mil granos y el número de granos por m²:

$$\text{Peso de mil granos (g)} = \text{Peso de 200 granos (g)} \times 5$$

$$\text{Número de granos por m}^2 = \frac{\frac{\text{Rendimiento seco}}{\text{Peso de mil granos}}}{1000} \times 0.10$$



PARTE 3

El Rendimiento de biomasa de cultivos forrajeros



Procedimiento para obtener el rendimiento de la biomasa de **cultivos** forrajeros

MATERIAL



■ Material para cosechar plantas (biomasa). Por ejemplo, una hoz



■ Hilo para amarrar plantas (cuando se trata de maíz, por ejemplo)



■ 1 bolsa grande por cada parcela (cuando se trata de trigo, cebada y alfalfa, por ejemplo)



■ Báscula



■ Horno



■ Machete



■ Lápiz
■ Formatos para anotar datos
■ Marcador



■ Mapa del ensayo o del campo del productor



■ Un cuadro para determinar el área de cosecha, si es que se hará con esta herramienta

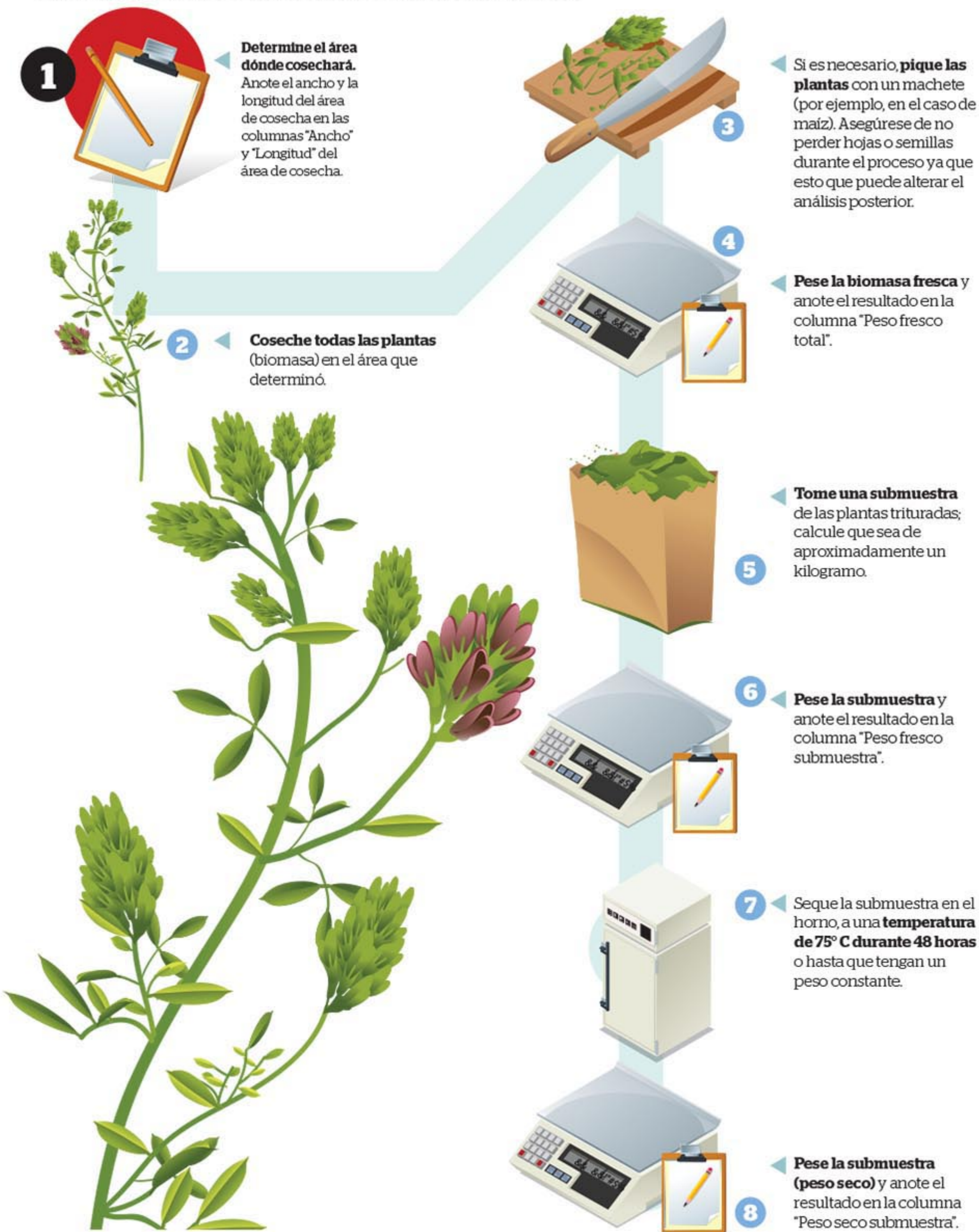


Máquina trituradora, es útil para picar las plantas de manera rápida.

PREPARACIÓN Y COMENTARIOS

- Rotule las bolsas con las especificaciones correspondientes (nombre del ensayo, identificación de parcela, ciclo agrícola).
- Verifique que el material que necesite para el procedimiento esté en buenas condiciones, completo y listo para usarse.

Diagrama que muestra el procedimiento para obtener biomasa de cultivos forrajeros.



CÁLCULOS

UNO. Primero calcule el área de cosecha en m²:

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \text{Ancho (m)} \times \text{Longitud (m)}$$

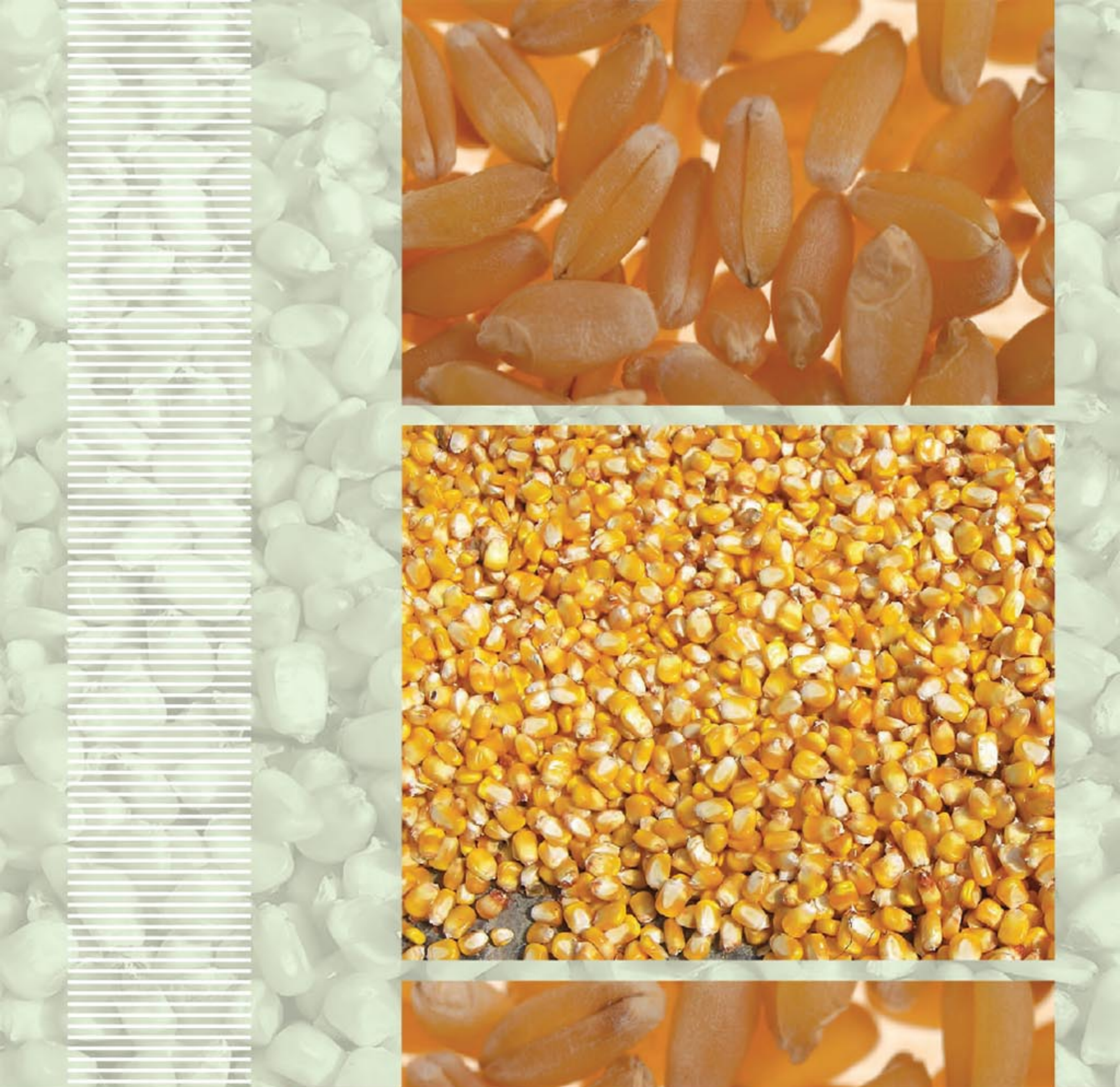
DOS. Para conocer el rendimiento de biomasa seca, primero determine la cantidad de humedad en el "Peso fresco total":

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{Peso húmedo de submuestra} - \text{Peso seco de submuestra}}{\text{Peso húmedo de submuestra}}$$

$$\text{Cantidad de humedad (g)} = \text{Peso húmedo total} \times \text{Porcentaje de humedad}$$

TRES. Ahora es posible que calcule el rendimiento seco en kg/ha:

$$\text{Rendimiento seco de biomasa (kg/ha)} = \frac{\text{Peso húmedo total} - \text{Cantidad de humedad}}{\text{Área}} \times 10$$



PARTE
4

**El rendimiento de grano
y sus componentes**

4.1



Procedimiento para obtener el rendimiento de grano y sus componentes

MATERIAL



- 1 bolsa grande de papel de estraza por cada parcela



- 1 sobre por cada parcela



- 1 Hoz o tijeras



- Báscula



- Marcador
- Lápiz
- Formatos para anotar datos



- Horno



- Trilladora de planta individual



- Mapa del ensayo o del campo de productor



- Un cuadro para determinar el área de cosecha, si es que se hará con esta herramienta

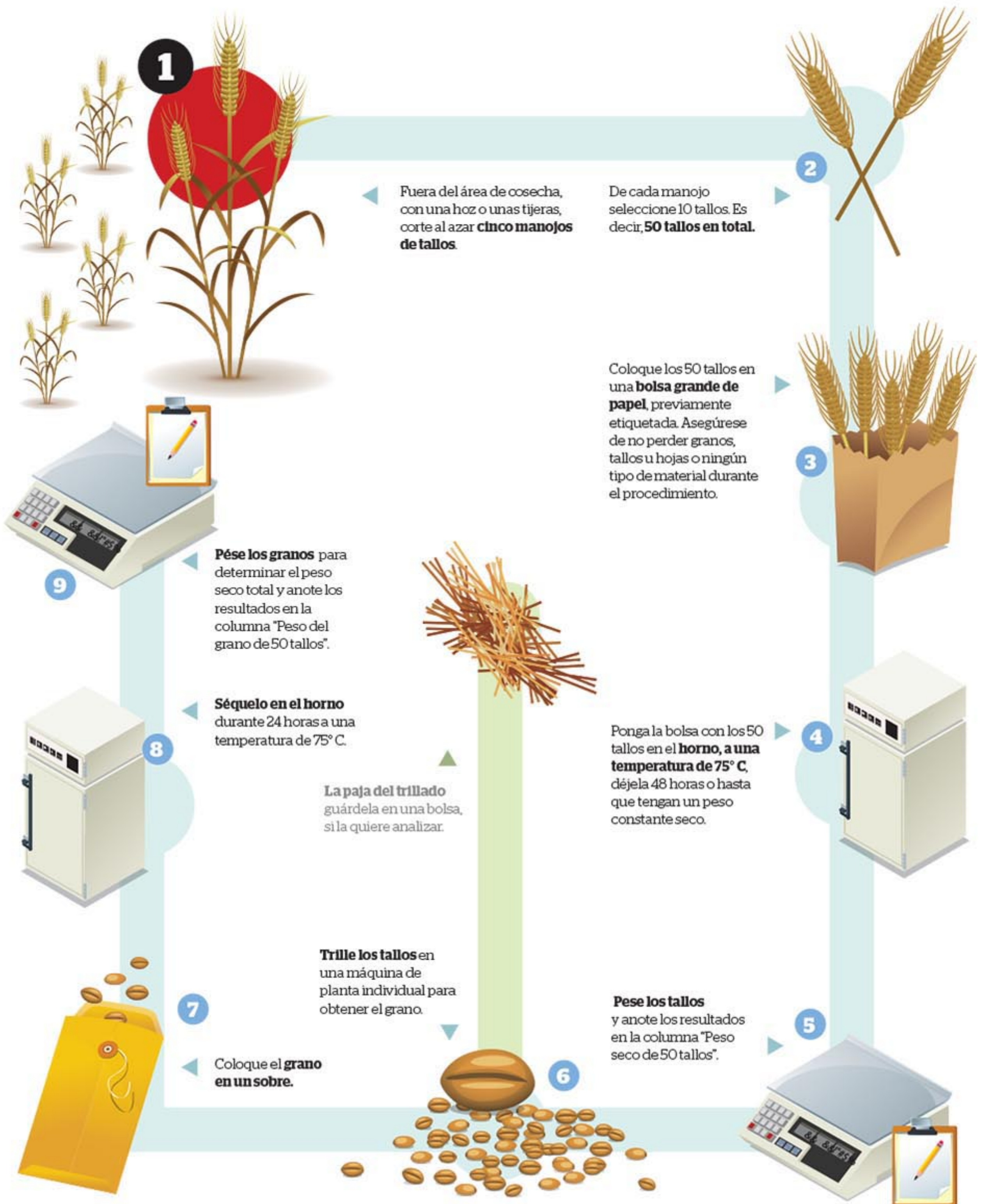
PASO 1 OBTENCIÓN DE DATOS PARA LA BIOMASA DE CEREALES DE GRANO PEQUEÑO



PREPARACIÓN Y COMENTARIOS

- Este muestreo se hace, aproximadamente, 10 días después de la madurez del cereal.
- Rotule las bolsas con las especificaciones correspondientes (nombre del ensayo, identificación de parcela, ciclo agrícola).
- Verifique que el material necesario en este proceso esté en buenas condiciones, completo y listo para usarse.

Diagrama que muestra el procedimiento para obtener la biomasa de cereal grano pequeño.



MATERIAL



■ 1 bolsa grande de las que se usan para ir al mercado o un costal por parcela



■ Etiquetas de identificación de parcelas



■ 1 sobre grande por parcela



■ 1 sobre pequeño para guardar 200 granos



■ 1 trilladora experimental o una hoz.



■ Horno



■ Báscula



■ Marcador
■ Lápiz
■ Formatos para anotar datos



■ Mapa del ensayo o del campo de productor



■ Un cuadro para determinar el área de cosecha, si es que se hará con esta herramienta

PASO 2 OBTENCIÓN DE DATOS PARA EL RENDIMIENTO DE CEREAL GRANO PEQUEÑO



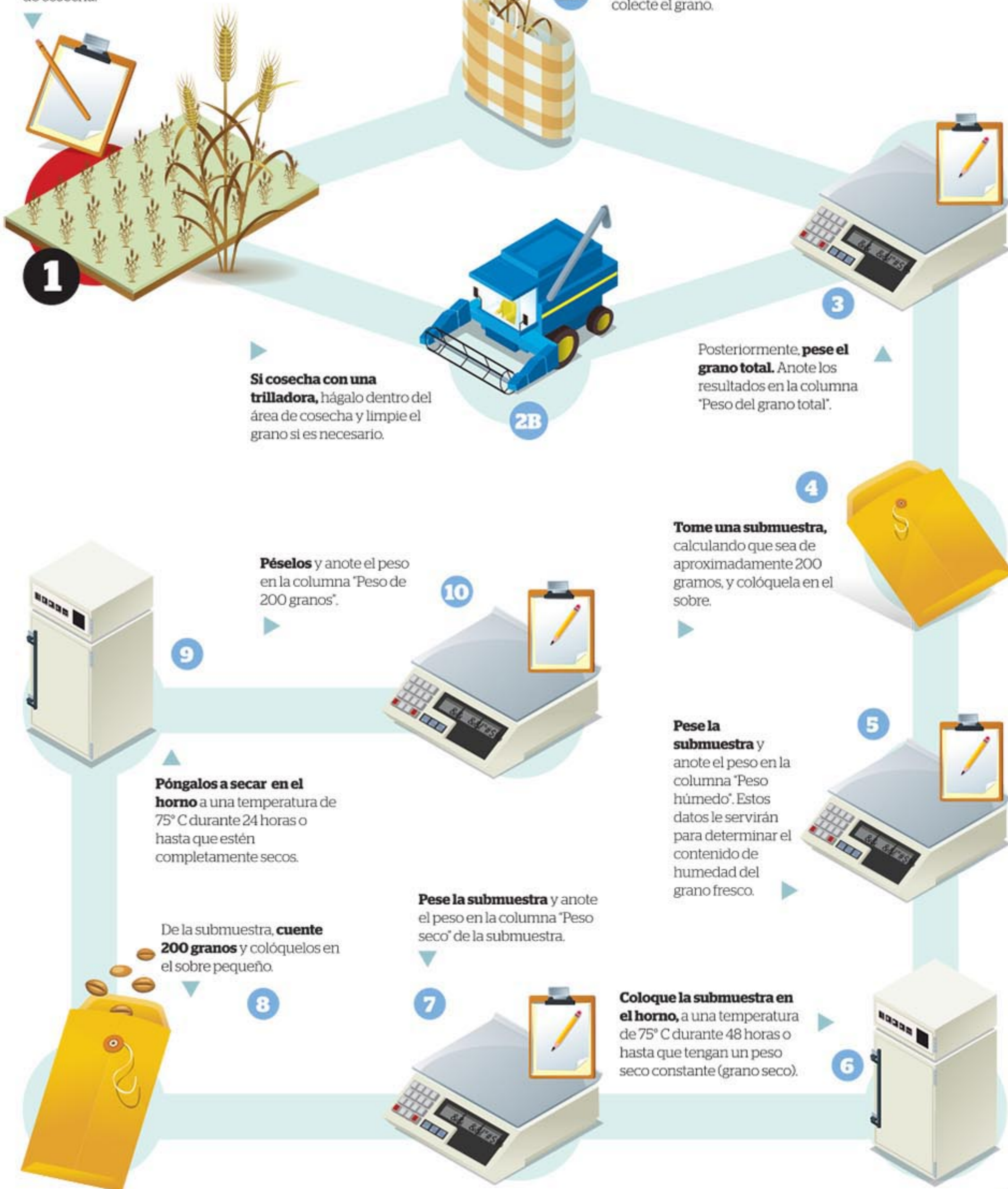
Material para obtener los datos para calcular el rendimiento de cereal grano pequeño.

PREPARACIÓN Y COMENTARIOS

- Este procedimiento se realiza en la cosecha.
- Etiquete las bolsas y los sobres con las especificaciones correspondientes (nombre del ensayo, identificación de parcela, ciclo agrícola).
- Verifique que el material que se utilizará en este proceso se encuentre en buenas condiciones, completo y listo para usarse.
- Si cuenta con una trilladora, cuide que la máquina no tire mucho grano
- Si cosecha a mano, coseche todas las plantas en un área representativa de la parcela, delimitándola con la ayuda del "cuadro".

Diagrama que muestra el procedimiento para obtener el rendimiento de cereal de grano pequeño.

En campo: registre el ancho y la longitud del área de cosecha en las columnas "Ancho" y "Longitud" del área de cosecha.



CÁLCULOS

UNO. Con los datos de los 50 tallos obtenga el índice de cosecha:

$$\text{Índice de cosecha} = \frac{\text{Peso del grano de 50 tallos}}{\text{Peso seco de 50 tallos}} \times 100$$

DOS. Después calcule el rendimiento de grano como lo hizo anteriormente:

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \text{Ancho (m)} \times \text{Longitud (m)}$$

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{Peso húmedo de submuestra} - \text{Peso seco de submuestra}}{\text{Peso húmedo de submuestra}}$$

$$\text{Cantidad de humedad (g)} = \text{Peso del grano total} \times \text{Porcentaje de humedad}$$

$$\text{Rendimiento seco (kg/ha)} = \frac{\text{Peso del grano total} - \text{Cantidad de humedad}}{\text{Área}} \times 10$$

$$\text{Rendimiento a 12\% de H}_2\text{O (kg/ha)} = \frac{\text{Rendimiento seco}}{0.88}$$

TRES. Dado que ya calculó el índice de cosecha, también es posible que determine el rendimiento de biomasa y de rastrojo:

$$\text{Rendimiento de biomasa (kg/ha)} = \frac{\text{Rendimiento seco}}{\text{Índice de cosecha}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento de rastrojo (kg/ha)} = \text{Rendimiento de biomasa} - \text{Rendimiento seco}$$

CUATRO. A partir del peso de 200 granos calcule el peso de mil granos y el número de granos por m², como se hizo anteriormente

$$\text{Peso de mil granos (g)} = \text{Peso de 200 granos} \times 5$$

$$\text{Número de granos por m}^2 = \frac{\text{Rendimiento seco}}{\frac{\text{Peso de mil granos}}{1000}} \times 0.10$$

CÁLCULOS

CINCO. Con los datos de los 50 tallos también es posible que calcule otros componentes de rendimiento:

$$\text{Número de espigas por m}^2 = \left[\frac{\text{Biomasa}}{\frac{\text{Peso seco de 50 tallos}}{50}} \right] \times 0.10$$

$$\text{Número de granos por espiga} = \frac{\text{Número de granos por m}^2}{\text{Número de espigas por m}^2}$$

$$\text{Peso seco por tallo en madurez (g)} = \frac{\text{Peso seco de 50 tallos}}{50}$$

$$\text{Peso seco de grano por espiga (g)} = \frac{\text{Peso del grano de 50 tallos}}{50}$$

4.2

Procedimiento para determinar el peso hectolítrico

MATERIAL



■ Báscula



■ Vaso de volumen conocido (preferentemente de 1 litro)



■ Equipo con cono para determinar peso hectolítrico



■ Lápiz

■ Formato para tomar datos



■ Tabla rasadora.

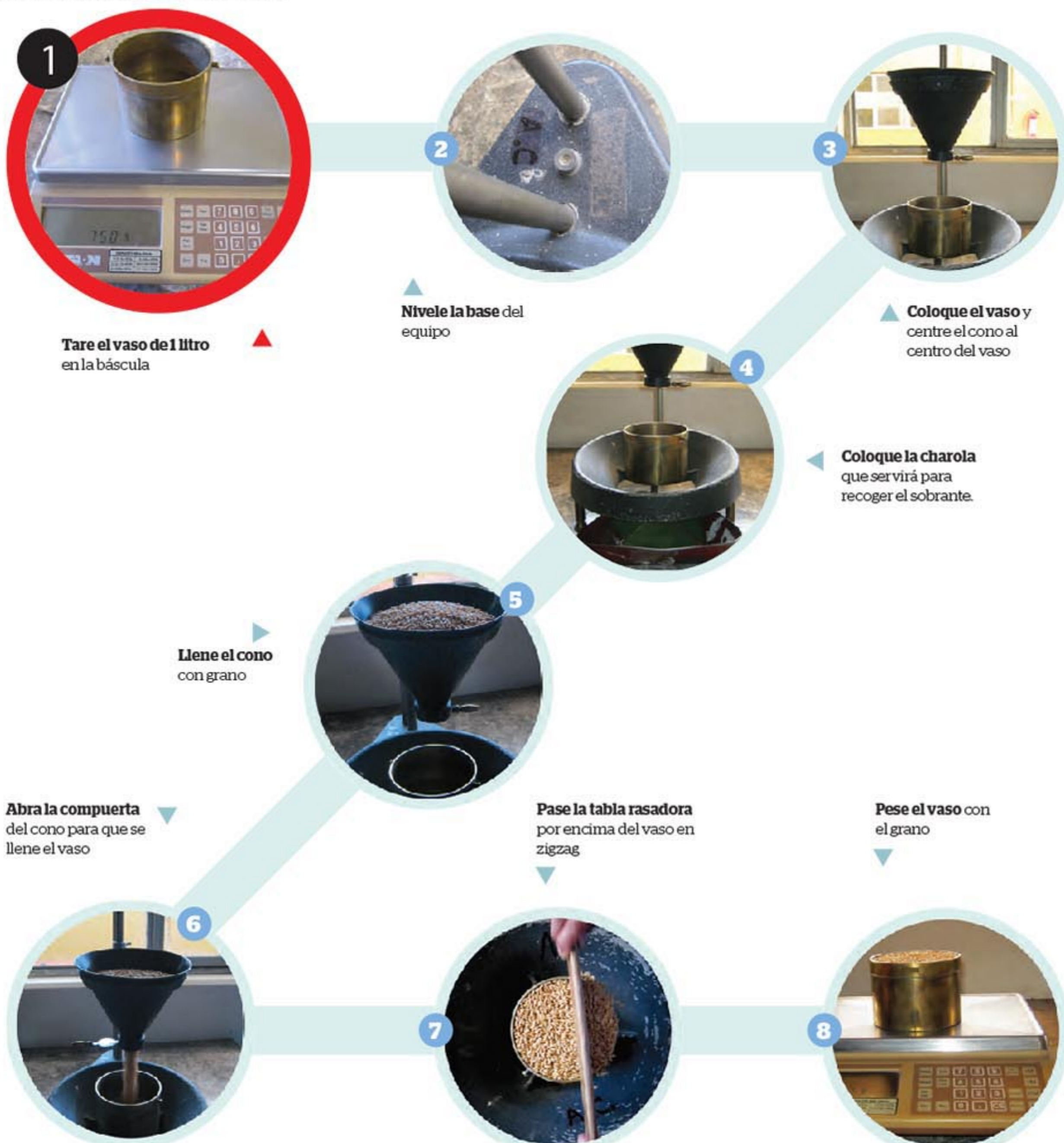


Material necesario para calcular el peso hectolítrico.

PREPARACIÓN Y COMENTARIOS

- Es importante que realice el procedimiento con el grano limpio.
- En caso de que en una parcela no haya bastante grano disponible para llenar el vaso de 1 litro, deberá utilizarse un vaso de 0.5 litros o de 0.25 litros y multiplicar el resultado por 2 o por 4, respectivamente, para obtener el peso para 1 litro.
- La tabla rasadora deberá tener un borde redondo, no cuadrado.

Metodología para el registro de datos



CÁLCULOS

Con los datos de los 50 tallos obtenga el índice de cosecha:


$$\text{Peso hectolítrico (kg)} = \text{Peso registrado por l (g)} \times 0.10$$

4.3



Procedimiento para obtener el rendimiento de maíz y sus componentes

MATERIAL

-  ■ 1 bolsa grande de papel de estraza por cada parcela
-  ■ 1 sobre por cada parcela
-  ■ 1 hoz
-  ■ báscula
-  ■ marcador
-  ■ homo
-  ■ machete
-  ■ desgranadora (o material para desgranar a mano)
-  ■ lápiz
-  ■ formatos para anotar datos
-  ■ mapa del ensayo o del campo de productor
-  ■ hilo para amarrar las plantas.

PASO 1 **OBTENCIÓN DE DATOS PARA OBTENER LA BIOMASA DE MAÍZ**

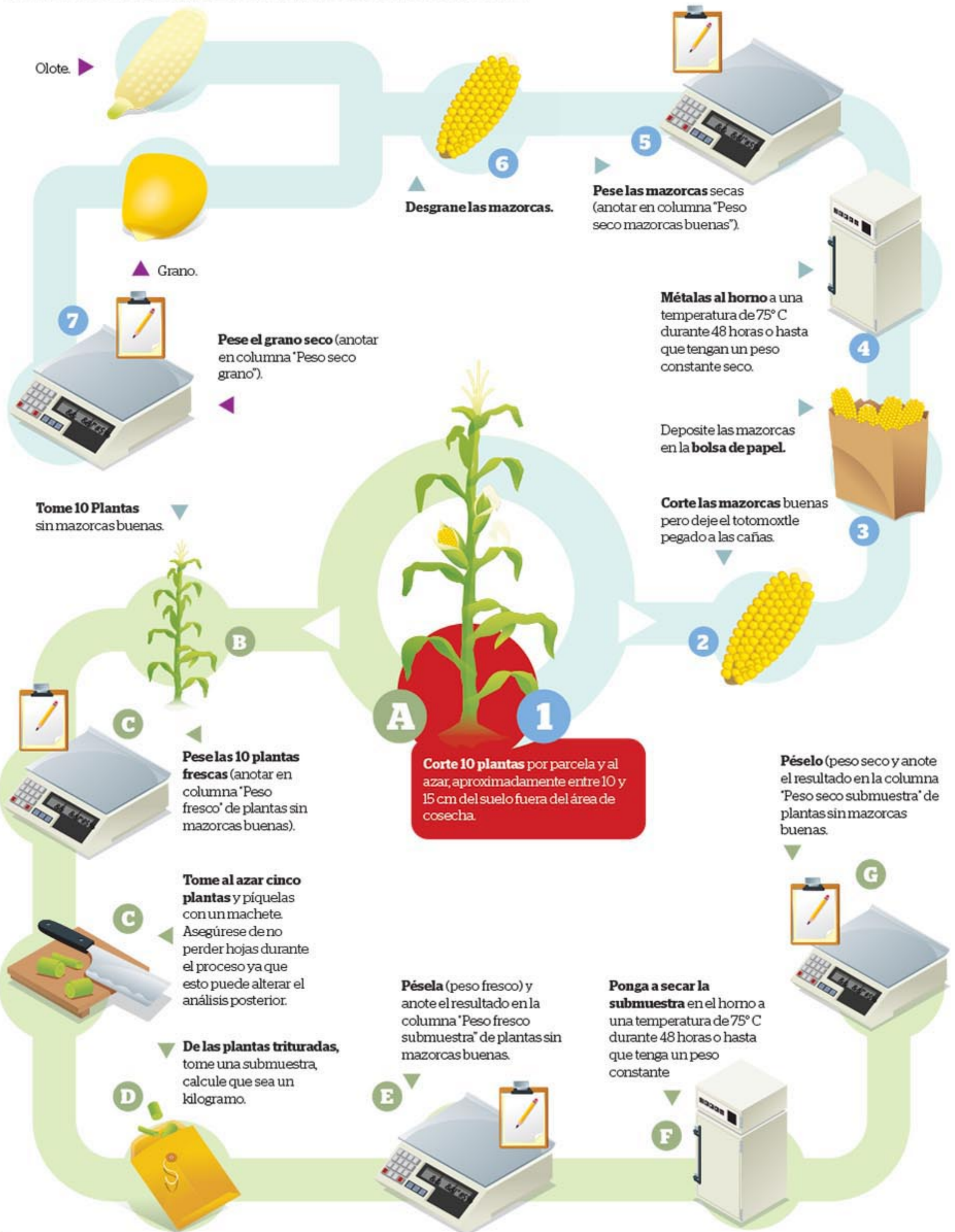


Material para obtener la biomasa de maíz.

PREPARACIÓN Y COMENTARIOS

- Rotule las bolsas y los sobres con las especificaciones correspondientes (nombre del ensayo, identificación de parcela, ciclo agrícola).
- Verifique que esté listo el material que se utilizará para calcular la biomasa de maíz.
- Este muestreo se hace, aproximadamente, 10 días después de la madurez de la planta.

Diagrama que muestra el procedimiento para obtener la biomasa de maíz.



MATERIAL



■ 1 bolsa grande, de las que se usan para ir al mercado, o un costal por parcela



■ Etiquetas de identificación de parcelas



■ 1 deshojador



■ 1 sobre grande por parcela



■ 1 sobre pequeño para guardar 200 granos



■ Lápiz
■ Formatos para anotar datos



■ Mapa del ensayo o del campo de productor



■ Báscula



■ Horno



■ Cuadro, si es que se va a determinar el área de cosecha con cuadros

PASO 2 OBTENCIÓN DE DATOS PARA EL RENDIMIENTO DE MAÍZ.

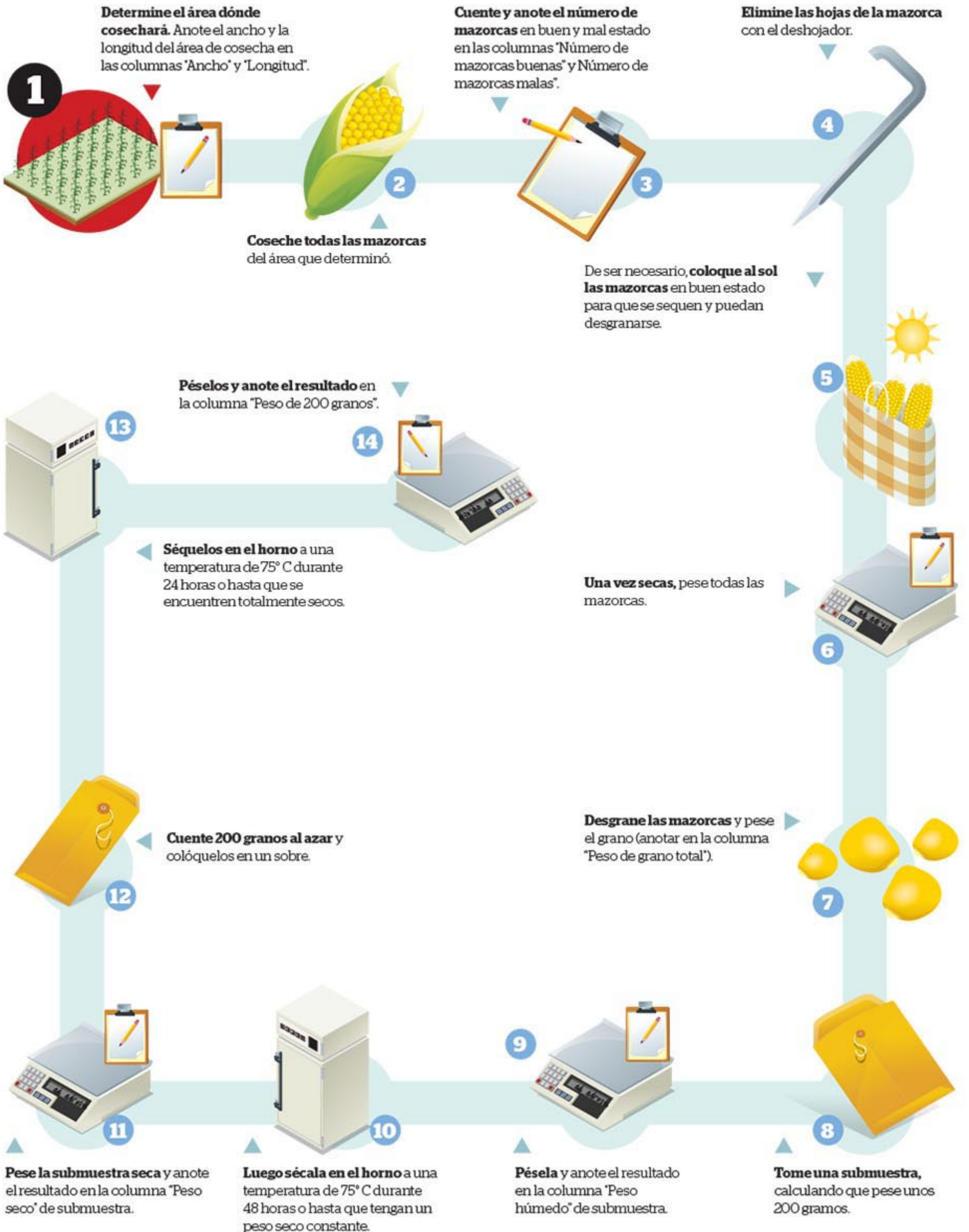


Material necesario para determinar el rendimiento de maíz.

PREPARACIÓN Y COMENTARIOS

- Rotule las bolsas y los sobres con las especificaciones correspondientes (nombre del ensayo, identificación de parcela, ciclo agrícola).
- Verifique que el material esté en buenas condiciones, completo y listo para usarse.

Diagrama que muestra el procedimiento para obtener el rendimiento de maíz.



CÁLCULOS

UNO. Con los datos obtenidos de las 10 plantas calcule el índice de cosecha. Para esto, primero tendrá que determinar el peso seco de las 10 plantas, usando el contenido de humedad de la submuestra de plantas sin mazorcas buenas:

$$\text{Porcentaje de humedad en biomasa} = \frac{\text{Peso húmedo de submuestra} - \text{Peso seco de submuestra}}{\text{Peso húmedo de submuestra}}$$

$$\text{Cantidad de humedad en biomasa (g)} = \text{Peso fresco de 10 plantas sin mazorcas buenas} \times \text{Porcentaje de humedad en biomasa}$$

$$\text{Biomasa seca de 10 plantas sin mazorcas buenas (g)} = \text{Peso fresco de 10 plantas sin mazorcas buenas} - \text{Cantidad de humedad en biomasa}$$

$$\text{Biomasa total de 10 plantas (g)} = \text{Biomasa seca de 10 plantas sin mazorcas buenas} + \text{Peso seco de mazorcas buenas}$$

$$\text{Índice de cosecha} = \frac{\text{Peso seco grano}}{\text{Biomasa total de 10 plantas}} \times 100$$

DOS. También es posible que calcule el cociente de grano y olote en las mazorcas:

$$\text{Cociente grano: olote} = \frac{\text{Peso seco grano}}{\text{Peso seco mazorcas buenas} - \text{Peso seco grano}}$$

TRES. Después calcule el rendimiento de grano y de biomasa, mediante el mismo procedimiento:

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \text{Ancho (m)} \times \text{Longitud (m)}$$

$$\text{Porcentaje de humedad en grano} = \frac{\text{Peso húmedo de submuestra} - \text{Peso seco de submuestra}}{\text{Peso húmedo de submuestra}}$$

$$\text{Cantidad de humedad (g)} = \text{Peso del grano total} \times \text{Porcentaje de humedad}$$

$$\text{Rendimiento seco (kg/ha)} = \frac{\text{Peso del grano total} - \text{Cantidad de humedad}}{\text{Área}} \times 10$$

$$\text{Rendimiento a 14\% de H}_2\text{O (kg/ha)} = \frac{\text{Rendimiento seco}}{0.86}$$

$$\text{Rendimiento de biomasa (kg/ha)} = \frac{\text{Rendimiento seco}}{\text{Índice de cosecha}} \times 100$$

CUATRO. También calcule el rendimiento de rastrojo con olote:

$$\text{Rendimiento de rastrojo con olote (kg/ha)} = \text{Rendimiento de biomasa} - \text{Rendimiento seco}$$

$$\text{Rendimiento olote (kg/ha)} = \frac{\text{Rendimiento seco}}{\text{Cociente grano: olote}}$$

$$\text{Rendimiento de rastrojo sin olote (kg/ha)} = \text{Rendimiento de rastrojo con olote} - \text{Rendimiento de olote}$$

CINCO. Con el peso de 200 granos, calcule el peso de mil granos y el número de granos por m², como se hizo anteriormente:

$$\text{Peso de mil granos (g)} = \text{Peso de 200 granos} \times 5$$

$$\text{Número de granos por m}^2 = \frac{\frac{\text{Rendimiento seco}}{\text{Peso de mil granos}} \times 0.10}{1000}$$

SEIS. Con el número de mazorcas buenas y malas y los datos de las 10 plantas se pueden calcular también otros componentes de rendimiento:

$$\text{Número de mazorcas buenas por m}^2 = \frac{\text{Número de mazorcas buenas}}{\text{Área}}$$

$$\text{Número de mazorcas total por m}^2 = \frac{\text{Número de mazorcas buenas} + \text{Número de mazorcas malas}}{\text{Área}}$$

$$\text{Número de mazorcas malas por m}^2 = \frac{\text{Número de mazorcas malas}}{\text{Área}}$$

$$\text{Número de mazorcas buenas} = \frac{\text{Número de mazorcas buenas}}{\text{Número de mazorcas buenas} + \text{Número de mazorcas malas}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de olote} = \frac{\text{Rendimiento de olote}}{\text{Rendimiento de biomasa}}$$

Notas



A series of horizontal lines for writing notes, starting below the decorative line and extending to the bottom of the page.

