

# Estimación de rendimientos en el sector agropecuario

Jorge Aguilar Ávila  
Vinicio Horacio Santoyo Cortés  
*Coordinadores*

SERIE  
ESTUDIOS  
CRÍTICOS DEL  
DESARROLLO



Universidad  
Autónoma  
Chapingo

Miguel Ángel  
Porrúa

# Estimación de rendimientos en el sector agropecuario



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Dr. Carlos Alberto Villaseñor Perea  
*Rector*

Dr. Ramón Valdivia Alcalá  
*Director General Académico*

Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas  
*Director General de Investigación y Posgrado*

Ing. J. Guadalupe Gaytán Ruelas  
*Director General de Administración*

M.C. Domingo Montalvo Hernández  
*Director General de Patronato Universitario*

Biól. María de Lourdes Rodríguez Ramírez  
*Directora General de Difusión Cultural y Servicio*

Dr. Vinicio Horacio Santoyo Cortés  
*Director del GESTAAM*

Lic. Rocío Guzmán Benítez  
*Jefa del Departamento de Publicaciones*

# Estimación de rendimientos en el sector agropecuario

Jorge Aguilar Ávila  
Vinicio Horacio Santoyo Cortés  
*Coordinadores*



Universidad  
Autónoma  
Chapingo



## Agradecimientos

El CIESTAAM agradece las aportaciones de los autores que integran esta obra; asimismo, el financiamiento otorgado por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la UACH a través del *Proyecto de Vinculación 2012 650-Articulación de los sistemas regionales de innovación con el uso de redes sociales*, el cual fue decisivo para concretar esta publicación.

En este proyecto se involucraron los profesores Vinicio Horacio Santoyo Cortés, Jorge Ocampo Ledesma, Jorge Aguilar Ávila, María Virginia González Santiago, Roberto Rendón Medel, Claudio Ávalos Gutiérrez, Manrubio Muñoz Rodríguez, Adrián Lozano Toledano, María Isabel Palacios Rangel, y las estudiantes María Guadalupe Arroyo Pozos y Gladis Feliciano Gregorio.

Los aprendizajes generados en la interacción que el CIESTAAM sostuvo con el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) y el Proyecto Estratégico Trópico Húmedo de la Sagarpa fueron fundamentales para dar pertinencia a la presente publicación.



# Introducción

Jorge Aguilar-Ávila,  
Vinicio Horacio Santoyo-Cortés\*

La estimación de cosecha (o de rendimientos) en las actividades agropecuarias a nivel predial, regional y nacional adquiere cada día mayor importancia en la planificación de acciones, tanto de instancias gubernamentales como de los actores del sector privado, entre los cuales destacan los productores, agroindustriales, empresas comercializadoras, fuentes de financiamiento, empresas aseguradoras, asesores técnicos, proveedores de insumos y equipo, entre otros.

Una predicción de cosecha precisa y oportuna permite a los tomadores de decisiones: 1) dimensionar el monto y dirigir los apoyos a la comercialización; 2) establecer los cupos de importación de productos agropecuarios; 3) elaborar programas de reconversión productiva (Báez *et al.*, 2006); 4) identificar brechas de innovación a nivel territorial; 5) estimar el impacto de estrategias de intervención, ya sean éstas públicas o privadas; 6) pronosticar los montos de recuperación de cartera o evaluar el daño por siniestros, calculando con ello las indemnizaciones.

Asimismo, en el proceso de la predicción es posible clasificar el tipo de cosecha, valorar la calidad de la misma, estimar el rendimiento por unidad de superficie, obtener mapas de rendimientos, monitorear las prácticas de cultivo y de manejo del suelo en los sistemas de producción (Tinoco y García, 2009).

\*CIESTAAM-UACH. Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo.

Los métodos para estimar rendimientos son diversos, pudiéndose clasificar, de manera general, de la siguiente manera:

*Estimación de rendimientos por medio de imágenes satelitales.* Está relacionada con la capacidad para identificar las especies de cultivos, así como ciertas variables agronómicas: madurez, densidad de población, vigor y enfermedades, las cuales son útiles como indicadores de rendimiento. Debido a que en los países en desarrollo las parcelas son pequeñas, de forma irregular (Soria *et al.*, 1999) y con fechas de siembra heterogéneas, el uso de estos métodos aún tienen limitaciones: por su alto costo, por la insuficiente cobertura de los satélites y por la falta de modelos y parámetros para los cultivos y regiones de interés que permitan traducir, de manera confiable, las lecturas de las imágenes satelitales en rendimientos esperados.

*Estimación de rendimientos con base en datos estadísticos históricos.* Tienen un alto grado de incertidumbre, pues cada año los volúmenes de producción están sujetos a los cambios en uso del suelo, a la variabilidad climática y al manejo de los cultivos (Tinoco y García, 2009), entre otros factores. Es muy utilizado por instancias gubernamentales para generar sus estadísticas oficiales.

*Estimación de rendimientos con modelos basados en variables agroclimáticas.* Este tipo de modelos se clasifican en simples y complejos. Los primeros se relacionan con el clima, la biomasa y el índice de área foliar; los segundos involucran estas variables, pero incluyen aspectos genéticos, edafológicos (Gómez *et al.*, 2009) del balance de agua y de la radiación recibida por la vegetación (Meilán y Denore, 1999). La ausencia de información para cubrir los requerimientos de la mayoría de los modelos es una limitante para su aplicación; en países desarrollados se han generado modelos de crecimiento de cultivos que arrojan predicciones eficientes, incorporando los resultados a sistemas de información geográfica que permiten mayor precisión en los pronósticos. Sin embargo, estos modelos no siempre resultan válidos para las situaciones prevalcientes en otros países.

*Estimación de rendimientos en agricultura de precisión.* En las cosechadoras se instalan sensores que generan mapas de rendimiento, cuantifican la variabilidad dentro del predio, quedando grabada espacialmente esta información; con base en estos mapas se ajustan dosis de siembra, fertilización y láminas de riego por zonas del predio (Martínez-Casasnovas y Bordes, 2005), esto incrementa la eficiencia en el uso de insumos.

*Estimación de rendimientos a nivel predial.* Existen diversos métodos que van desde las estimaciones visuales (generadas con bastante precisión por algunos operadores de cosechadoras, productores experimentados, compradores de cosechas en pie o asesores técnicos especializados) hasta el uso del muestreo. Para este último caso, las variantes están en función de las características del cultivo o actividad productiva (Alatorre, 1991), entre las cuales destacan: 1) si se trata de cultivos anuales o perennes; 2) del método de siembra (al voleo o en hileras, por ejemplo) o estructura de la plantación; 3) y la etapa fenológica.

En esta publicación se presentan los métodos de estimación de rendimiento a nivel predial más utilizados en los cultivos de maíz, cebada, trigo, frijol; en árboles frutales, como mango, durazno y manzana; en cultivos tropicales, como café, cacao, palma de aceite, hule y vainilla; así como en la producción de miel. Pretende servir de guía a quienes tengan la necesidad de cuantificar rendimientos anticipadamente a la cosecha que sean de utilidad en la valoración de impactos, ya sea de estrategias de intervención, del uso de semillas o insumos novedosos o por la afectación de siniestros.

### Fuentes consultadas

- ALATORRE I., R. (1991), *Manual de estimación de cosecha*, Anagsa y Agroasemex (mimeo.).
- BÁEZ G., A.D., M. Tiscareño L., J. Rodríguez *et al.* (2006), "Combining Modeling and Remote Sensing for Crop Yield Prediction in Mexico", *Modeling and Remote Sensing Applied to*

- Agriculture USDA. ARS. Inifap, Comité editorial Campo Experimental Pabellón Aguascalientes, México, pp. 13-27.*
- GÓMEZ M., R., C.A. Ortiz S., M. Zamora D. *et al.* (2009), “Estimación del rendimiento de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera con el método FAO”, *Agricultura Técnica en México*, vol. 35, núm. 1, pp. 13-23.
- MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A. y X. Bordes A. (2005), “Viticultura de precisión: predicción de cosecha a partir de variables del cultivo e índices de vegetación”, *Revista de Teledetección*, núm. 24, pp. 67-7.
- MEILÁN P., J.L. y B.J. Denore (1999), “Sistema de estimación de cosechas de cereal: cereal YES”, *Teledetección: avances y aplicaciones*, VIII Congreso Nacional de Teledetección, Albacete, España, pp. 205-208.
- SORIA R., J., C.A. Ortiz S., F. Islas G., V. Volke H. y R. Aveldaño S. (1999), “Sitios de ocurrencia y estimación de rendimientos de maíz a través de firmas espectrales de imágenes de satélite LANDSAT-TM”, *Agricultura Técnica en México*, vol. 25, núm. 1, pp. 59-68.
- TINOCO A., C.A. y J.L. García A. (2009), *Validación de una metodología generada para la predicción de cosechas en arroz para el estado de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*, memoria de la Reunión de avances en la investigación agrícola, pecuaria, forestal y acuícola en el trópico mexicano, 1a. ed., 2009, pp. 79-85.

# Estimación de cosecha de maíz

Jorge Aguilar-Ávila, Claudio Ávalos-Gutiérrez\*

## Introducción

El maíz tiene una gran variedad de usos, como alimento humano, forraje, ingrediente principal en alimentos balanceados y para cientos de propósitos industriales (Aserca, 1997). De acuerdo con la FAO (2012), para 2010, los principales países productores de maíz fueron Estados Unidos, China, Brasil, México, aproximadamente con 38, 21, 7 y 3 por ciento, respectivamente, de la producción mundial. En lo que respecta a la producción nacional, los estados productores en orden de importancia son Sinaloa, Jalisco, Chiapas y Michoacán, con 17, 14, 9, y 8 por ciento, respectivamente (SIAP, 2012). El maíz tiene gran capacidad de adaptación debido a las características fisiológicas de la planta, influye también la nutrición, prevención y control de plagas, enfermedades y labores culturales. A diferencia de otros cereales, se puede cultivar en casi todos los climas, altitudes y suelos. Por su fácil almacenamiento, su disponibilidad es una trinchera de seguridad para la sobrevivencia de numerosos grupos sociales en el campo y la ciudad.

\*CIESTAAM-UACH. Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial.

## Aspectos técnico-productivos del maíz

El maíz requiere temperaturas de entre 25 y 30 °C y cada etapa de su desarrollo demanda diferentes cantidades de agua. Cuando brota, necesita menos cantidad, basta sólo disponer de humedad constante, sin embargo, en la fase de crecimiento deberá tener suficiente agua. La floración es el periodo más importante porque de ella depende la producción obtenida. La planta se adapta a todo tipo de suelos, especialmente los ligeramente ácidos, profundos, ricos en materia orgánica, con buen drenaje para no permitir encharcamientos que asfixiarían las raíces. El maíz se siembra de forma manual, depositando la semilla en los surcos, o con maquinaria. Se debe enterrar a una profundidad de cinco centímetros cada 20 o 25 centímetros para que al crecer cuente con suficiente espacio entre surco y surco; la separación debe ser de aproximadamente 80 centímetros (SIAP, 2012). Para mejorar la nutrición del cultivo se recomienda realizar un muestreo de suelos en diferentes puntos de la parcela, enviar las muestras obtenidas a un laboratorio para contar con un análisis químico donde se indique los requerimientos nutrimentales. La cosecha puede realizarse de forma manual, en la denominada “pizca”, separando las mazorcas de la planta para llevarlas a un secado final, almacenarlas y desgranarlas, o por medio de máquinas. Con este método se obtiene una cosecha limpia, sin pérdidas de grano, y de manera más sencilla.

## Factores que afectan el cultivo de maíz

La presencia de malas hierbas puede ocasionar pérdidas en el rendimiento de hasta 75 por ciento, dependiendo del tiempo que permanezca enhiervado el cultivo; para su control se recomienda efectuar prácticas culturales como la escarda durante las primeras tres semanas después del brote de la planta de maíz, y una segunda 15 días después, o en su caso, aplicando herbicidas selectivos.

El maíz es afectado por diversas plagas que, de no controlarse adecuadamente, pueden disminuir en forma significativa el rendimiento. El grado de daño depende de la densidad de población, etapa fenológica en que ocurra el ataque, del manejo y de las condiciones ambientales presentes. Entre las plagas más importantes destacan el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano trozador (*Agrotis* sp.), trips (*Caliothrips phaseoli*), pulgones (*Rhopalosiphum maidis*), gusano elotero (*Heliothis zea*) y gallina ciega (*Philophaga* spp.).

Respecto a las enfermedades, las de mayor incidencia son el carbón o huitlacoche (*Ustilago maydis*), que produce tumores de hasta 10 centímetros de diámetro en las inflorescencias (Proemar, Firco y Colpos, 2009); roya (*Puccinia polysora*), pudrición del tallo (*Fusarium* sp., diplodia). Su control radica en un manejo adecuado del riego, nivelación del terreno y eliminación de plantas hospederas.

### Metodología para la evaluación de cosecha en maíz

La dinámica productiva en la agricultura demanda conocer con anticipación el rendimiento y el volumen de cosecha esperados en el cultivo, para planear de manera eficiente el destino de la producción, su almacenamiento y comercialización. De acuerdo con la metodología propuesta por UNAM, UADY, Conacyt e INEI (2004); Pérez (2001) y Proemar (2009), para la estimación de cosecha del cultivo de maíz se consideran los siguientes aspectos:

#### *Unidad de medida y tipo de muestreo*

El rendimiento de maíz se expresa en unidad de masa por unidad de superficie, comúnmente en toneladas por hectárea. El muestreo sistemático es el más recomendable para llevar a cabo la estimación de la cosecha; consiste en tomar las muestras en un intervalo de distancia a lo largo de una o varias diagonales dentro de

la parcela, el número de sitios a muestrear depende del tamaño y forma de la parcela.

### *Materiales y métodos*

Los materiales requeridos para desarrollar el método de muestreo y la obtención de la información de campo son:

- Formatos de toma de datos.
- Tres mecates de 10 metros con gancho o estaca (para amarrarlos).
- Balanza de reloj con soporte, con capacidad de 20 kilogramos y precisión de  $\pm 50$  gramos.
- Sacos para pesar las mazorcas y mecate para amarrarlos.
- Bolsas grandes de nylon y marcador permanente.
- 1 cinta métrica de 10 metros.
- 1 bola de hilo.
- 1 báscula granataria de 2.625 kilogramos.
- 1 equipo determinador de humedad.
- Estacas o madera.

### *Estimación de cosecha y rendimiento*

La técnica de estimación de cosecha se basa en la medición de rendimientos en una serie de sitios de muestreo que conjuntamente proporcionan una estimación razonable del rendimiento total de la parcela.

#### a) Datos de la parcela.

Registrar los problemas que pudieron haber afectado la producción durante el ciclo agrícola, tales como vientos, plagas, prácticas realizadas en la parcela durante el ciclo (tipo de práctica, fecha en que se realizó, insumos usados, problemas encontrados al realizarla, empezando desde la preparación del terreno hasta la fecha del muestreo). Posterior a ello, se sugiere tomar muestras en cinco sitios por parcela, cuando la superficie es aproximada a una hectárea (véase anexo 1).

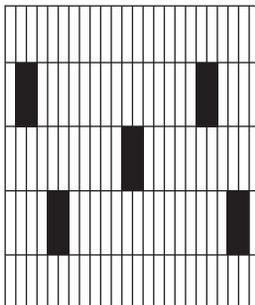
b) Momento de la toma de muestra y determinación del área de muestreo.

La madurez fisiológica de la planta es el momento adecuado para la medición del rendimiento. Se presenta cuando el llenado del grano ha terminado y puede observarse el “punto oscuro” en su base.

De acuerdo con la figura 1, el área de muestreo se determina de la siguiente manera:

- En caso de siembras en hileras o surcos, la determinación del área de muestreo de uno de los sitios puede ser de tres surcos de ancho por 10 metros de largo. Tomando en cuenta la distancia entre surcos (DS), el área de muestreo (AM) sería:  $AM = (3) (10) DS$ .
- Dividir el largo del terreno en tramos de 10 metros de longitud; es necesario separar claramente las plantas que quedan incluidas al inicio y final de los 10 metros, se puede colocar una estaca de cada lado y utilizar un mecate de 10 metros equipado con un gancho de metal para marcar.
- Los puntos a muestrear se seleccionan al azar (véase anexo 2).

FIGURA 1  
SELECCIÓN DE SURCOS Y TRAMOS A MUESTREAR  
EN UNA PARCELA CON MAÍZ



Nota: Evitar seleccionar el primer y el último surco del tramo, respectivamente. Cada línea representa un surco.

Fuente: Adaptado de Pérez (2001).

c) Medición de la producción de maíz.

Una vez definida y medida el área de muestreo, se cosechan las mazorcas de la siguiente manera:

1. Contar el número total de plantas en los tres surcos de 10 metros de longitud o al interior del área seleccionada, según el caso, considerando las plantas “acamadas” o dañadas.
2. Cosechar las mazorcas y amontonarlas en un mismo lugar, anotar el número de las perdidas.
3. Separar las mazorcas sanas (o con daño menor al 10 por ciento) y las dañadas.
4. Pesar los dos grupos de mazorcas por separado.
5. Alinear y contar el número de mazorcas sanas. Seleccionar una muestra de 10 por ciento de mazorcas. Por ejemplo, si hay 70 mazorcas sanas, siete de ellas se colocan en una bolsa de plástico sellada e identificada con el nombre del agricultor, comunidad y fecha, hasta completar el muestreo en toda la parcela.
6. Alinear y contar las mazorcas dañadas o perdidas y estimar visualmente el porcentaje promedio de daño en cada mazorca (se suman los porcentajes y la suma se divide entre el número de mazorcas dañadas).
7. En algunos casos, hay una proporción alta de mazorcas dañadas, lo que justifica utilizar una muestra compuesta de mazorcas para representar tanto las mazorcas sanas como las dañadas al momento del desgrane y de los demás cálculos sobre la muestra.

Al finalizar el muestreo de la parcela, se sella la bolsa con la muestra compuesta de 50 mazorcas (mazorcas sanas y dañadas).

d) Datos sobre las mazorcas.

- Una vez reunidas las 50 mazorcas de los sitios de muestreo en una parcela, se pesa la muestra con una incertidumbre de 50 gramos o menos. Las mazorcas se desgranar; si hay mazorcas y granos dañados mayor a 20 por ciento, se separan los granos dañados de los sanos. Al finalizar el desgrane, se pesan

los olotes y el grano. Con base en el peso total y el peso de grano u olote, se puede calcular la proporción de desgrane, por ejemplo:

$$\text{Proporción de desgrane} = \frac{\text{Peso de granos}}{\text{Peso total de 50 mazorcas enteras con olotes}}$$

- Determinar el peso específico de grano y el porcentaje de humedad, a través de dos opciones posibles:
  1. Si cuenta con equipo portátil para la determinación de humedad y de una balanza de precisión (1 g), balanza de triple brazo o balanza electrónica portátil. Se determina la humedad inmediatamente después de desgranar (sobre dos submuestras), se cuentan y pesan dos veces 100 granos. Esos 100 granos se escogen de un puñado de granos sanos sacados al azar en la muestra desgranada. No vale la pena determinar el peso específico y la humedad del grano dañado, a menos que represente más de 20 por ciento de la muestra.
  2. En el caso de no contar con el equipo de campo para la determinación de la humedad, se colocan alrededor de 200 gramos de maíz en una bolsa de nylon sellada e identificada y se lleva al laboratorio para determinar la humedad del grano.

e) Cálculo de los rendimientos.

El rendimiento del maíz se calcula con base en el producto de los componentes individuales (mazorcas y granos) de la siguiente manera:

$$R = NP \text{ ha}^{-1} \times NMP \text{ ha}^{-1} \times NGM \times Peg$$

Donde:

R= Rendimiento en kg ha<sup>-1</sup>

NP ha<sup>-1</sup>= Número de plantas por hectárea

NMP ha<sup>-1</sup>= Número de mazorcas por planta

NGM= Número de granos por mazorca

Peg= Peso específico de 1 grano

Para estimar el rendimiento  $\text{ha}^{-1}$  a partir de las mediciones de cada sitio, hay tres etapas principales: estimar el peso de grano “útil” en cada sitio, sumar estos pesos y multiplicar por un factor de corrección de área. La fórmula general es la siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \text{Peso útil de grano} \times \text{factor de corrección por área}$$

El peso útil del grano se refiere a la cantidad de maíz que podría aprovecharse realmente con base en la cosecha. Para estimar el peso útil a partir del peso de campo hay que ajustar con tres factores:

- a) El desgrane
- b) El daño en las mazorcas, y
- c) La humedad del grano

Peso útil = Peso del grano sano + peso del grano dañado pero recuperable, es decir:

$$\text{Peso útil} = (\text{Peso de campo de las mazorcas sanas} \times \text{Desgrane} \times \text{FCH}) + [(\text{Peso de campo de las mazorcas dañadas} \times (1 - \text{daño}) \times \text{desgrane} \times \text{FCH})].$$

$$\text{FCH} = (100 - H\%) / 88$$

Donde:

FCH= Es el factor de corrección por humedad.

H%= Humedad medida o estimada del grano y 88 es la humedad de referencia usual para expresar rendimiento (12 por ciento).

El cálculo de los componentes del rendimiento a nivel de la parcela (el dato es el promedio de los sitios de muestreo) es el siguiente:

- Número de plantas por hectárea= Número total de plantas/ área de muestreo.

- Número de mazorcas por planta = Número total de mazorcas/número total de plantas.
- Número de granos por mazorca = Peso de grano de una muestra de 50 mazorcas/50.
- Peso específico de grano = (Peso de 100 granos)/(100 × FCH).

Peso específico de grano (este cálculo puede hacerse tanto con datos corregidos por humedad, en seco y con base en datos de campo).

#### *Ejemplo de la estimación de cosecha en una parcela*

Se tienen los siguientes datos:

Peso de las mazorcas sanas = 15.3 kg; peso de las mazorcas dañadas = 0.08 kg; daño = 0.40 (40 por ciento); desgrane = 0.75 (75 por ciento); humedad del grano = 22 por ciento; tara = 0.150 kg.

Peso útil = (Peso campo de las mazorcas sanas × Desgrane × FCH) + (Peso de campo de las mazorcas dañadas × (1-daño) × desgrane × FCH).

$$PU = (15.3 - 0.15) \times 0.75 \times [(100 - 22)/88] + \{(0.8 - 0.15) \times (1 - 0.40) \times 0.75 \times [(100 - 22)/88]\} = 10.3 \text{ kg.}$$

El factor de corrección (FC) para transformar los datos del sitio de muestreo a hectárea es de (10,000/área de muestreo total), donde el denominador es la sumatoria del área de los sitios de muestreo individuales. Por ejemplo, si los sitios de muestreo tienen áreas de 25, 25.5, 26, 26.5 y 27 m<sup>2</sup>, el área total de muestreo será de 130 m<sup>2</sup>, y el factor de corrección, de 10,000/130 m<sup>2</sup>, es decir:  $FC = \frac{10000}{130} = 76.923$

Si se asume que los pesos útiles fueran 10.3, 6.4, 8.4, 5.1 y 7.3 kg respectivamente, en los cinco sitios de muestreos, entonces el rendimiento promedio será de:

$$R = 37.5 \text{ kg} \times 76.92 = 2884.61 \text{ kg ha}^{-1}$$

## Anexos

### ANEXO 1

#### INFORMACIÓN GENERAL DE LA PARCELA DE MAÍZ

Agricultor \_\_\_\_\_ Comunidad \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Muestreo \_\_\_\_\_

Área sembrada de maíz: \_\_\_\_\_ Área cosechable: \_\_\_\_\_ Variedad: \_\_\_\_\_

¿Existen áreas sin producción alguna dentro de la parcela? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

En caso afirmativo, ¿qué área representa? \_\_\_\_\_

Razón por no haber producido: \_\_\_\_\_

Opinión del productor sobre esta cosecha (en comparación con lo que, según él, tendría que darse en esta parcela normalmente): muy por debajo \_\_\_\_\_ algo por debajo \_\_\_\_\_ normal \_\_\_\_\_ algo mejor \_\_\_\_\_ mucho mejor \_\_\_\_\_

Si la producción no fue normal, eventos y/o razones que influenciaron en la producción (lluvias, vientos, plagas, retrasos en las prácticas, daño por ganado, etcétera).

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Importancia del "acame" a nivel de la parcela:*

Nada o muy poco \_\_\_\_\_ por partes solamente \_\_\_\_\_ común \_\_\_\_\_ fuerte \_\_\_\_\_

¿Qué tan representativos de la parcela fueron los sitios de muestreo al parecer en términos de la producción?

peor \_\_\_\_\_ más o menos \_\_\_\_\_ igual \_\_\_\_\_ mejor \_\_\_\_\_

¿Qué tanto maíz se sacó en elote antes de la cosecha en esta parcela? (registrar el número aproximado de elotes) \_\_\_\_\_

¿Se cosecharon otros cultivos en la parcela? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

En caso afirmativo, completar el cuadro siguiente

Cultivo \_\_\_\_\_ calabaza \_\_\_\_\_ frijol común \_\_\_\_\_ otro frijol (¿cuál?) \_\_\_\_\_

Presente \_\_\_\_\_

Asociado \_\_\_\_\_

Época cosecha \_\_\_\_\_

Cantidades cosechadas \_\_\_\_\_

Fuente: Adaptado de UNAM *et al.*, 2004.

ANEXO 2

FORMATO PARA DATOS DE RENDIMIENTO DE CULTIVO DE MAÍZ

| Fecha de muestreo                                   | Núm. 1         | Agricultor | Núm. 2         | Núm. 3         | Núm. 4         | Comunidad | Núm. 5         | Núm. 6         |
|---|----------------|------------|----------------|----------------|----------------|-----------|----------------|----------------|
| Sitio de muestreo                                   |                |            |                |                |                |           |                |                |
| Datos de campo                                      |                |            |                |                |                |           |                |                |
| 1. Determinación del área<br>distancia entre surcos |                |            |                |                |                |           |                |                |
| Área de muestreo (m <sup>2</sup> )                  | m <sup>2</sup> |            | m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup> |           | m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup> |
| 2. Cuento de plantas y mazorcas                     |                |            |                |                |                |           |                |                |
| Núm. total de plantas                               |                |            |                |                |                |           |                |                |
| Acame (%)   |                |            |                |                |                |           |                |                |
| Núm. mazorcas perdidas                              |                |            |                |                |                |           |                |                |
| Núm. mazorcas dañadas                               |                |            |                |                |                |           |                |                |
| Daño (%)  |                |            |                |                |                |           |                |                |
| Tipo de daño  |                |            |                |                |                |           |                |                |
| 3. Peso en campo                                    |                |            |                |                |                |           |                |                |
| Mazorcas sanas                                      |                |            |                |                |                |           |                |                |
| Mazorcas dañadas                                    |                |            |                |                |                |           |                |                |
| 4. Observaciones                                    |                |            |                |                |                |           |                |                |

|                        |  |  |  |      |  |  |        |
|------------------------|--|--|--|------|--|--|--------|
| Muestra de 50 mazorcas |  |  |  |      |  |  |        |
| Peso total (a)         |  |  |  |      |  |  |        |
| Peso de grano Total b) |  |  |  |      |  |  |        |
|                        |  |  |  | Sano |  |  | Dañado |

|                |          |          |          |  |  |  |                |
|----------------|----------|----------|----------|--|--|--|----------------|
| Peso de olote  |          |          |          |  |  |  |                |
| Desgrane (b/a) |          |          |          |  |  |  |                |
| Peso de 100 g  | 1) _____ | 2) _____ | 3) _____ |  |  |  | Promedio _____ |
| Humedad (%)    | 1) _____ | 2) _____ | 3) _____ |  |  |  | Promedio _____ |

Fuente: Adaptado de UNAM *et al.*, 2004.

## Fuentes consultadas

- Aserca (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria) (mayo 1997), “Maíz”, *Claridades Agropecuarias* 45: 3-15, disponible en <http://www.aserca.gob.mx/sicsa/claridades/marcos.asp?numero=45>
- FAO-FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2012), *Estadísticas sobre la producción mundial*, disponible en <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- PÉREZ C., J.P. (2001), *Metodología para la evaluación de cosecha de maíz en parcelas comerciales*, Inifap Produce CIR-CENTRO, Fundación Produce Hidalgo, Puebla, p. 8.
- Proemar (Proyecto Especial de Producción de Maíz de Alto Rendimiento), Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), Firco (Fideicomiso de Riesgo Compartido), Colpos (Colegio de postgraduados) (2009), Informe de evaluación y seguimiento, Montecillo, Estado de México.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2012), *Agricultura. Cultivo de interés. Maíz grano*, disponible en [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=202&Itemid=86](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=202&Itemid=86)
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México); UADY (Universidad Autónoma de Yucatán); Conacyt (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología); INEI (Instituto Nacional de Ecología) (2004), *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*, F. Bautista Z., H. Delfín G., J.L. Palacio P., M.C. Delgado C. (2004) (eds.), 507 pp., disponible en <http://es.scribd.com/doc/16560335/12/RENDIMIENTO-DE-MAIZ-EN-MILPAS-DE-CAMPESINOS>

# Estimación de cosecha de cebada y trigo

Jorge Aguilar-Ávila, María Guadalupe Arroyo-Pozos\*

## Introducción

La cebada (*Hordeum vulgare*) y el trigo (*Triticum* spp.) son los cereales más importantes producidos en México. En 2010, los principales países productores de cebada fueron Alemania, Francia, Ucrania y Canadá, con una participación de 8, 8, 7 y 6 por ciento, respectivamente (FAO, 2012); en México, los estados con mayor producción en 2011 fueron Guanajuato, Hidalgo, Querétaro y Puebla, con una participación de 62, 12, 8, y 6 por ciento, respectivamente (SIAP, 2012). La cebada es utilizada fundamentalmente en la alimentación animal, en la elaboración de malta para la fabricación de productos alcohólicos destilados, como el whisky y la cerveza, jarabes, en sustitutos de café y algunos elementos a base de cereales; es materia prima para la fabricación de cerveza (Financiera Rural, 2009).

Por su parte, el trigo es uno de los cereales más importantes en la alimentación humana, es usado primordialmente en la industria de la panificación, así como en la fabricación de pastas, galletas, bebidas y hasta en la producción de combustibles. De acuerdo con la FAO (2012), los principales países productores de trigo fueron China, India, Estados Unidos y Francia con 18, 12, 9 y 6 por ciento, respectivamente, de la producción mundial;

\* CIESTAAM-UACH. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial-Universidad Autónoma Chapingo.

a nivel nacional, los estados productores de mayor importancia en el 2011 fueron Sonora, Guanajuato, Baja California y Michoacán con 49, 16, 13 y 5 por ciento, respectivamente (SIAP, 2012).

### Aspectos productivos

El crecimiento del grano es similar en cebada y trigo, aunque estas especies difieren en la duración de las fases de desarrollo. La cebada sobresale por su alto vigor de plántula, que se refleja en mayor acumulación de materia seca y rápido desarrollo del área foliar, en comparación con el trigo (López, Richards y Farquhar, 1995, citado por Castañeda *et al.*, 2004). Algunos aspectos generales en el cultivo de la cebada y el trigo se enuncian a continuación:

#### a) Cebada.

La cebada requiere de suelos con pH óptimo (6.0), de un porcentaje de saturación de aluminio menor a 2 por ciento, disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio. La profundidad de siembra es uno de los factores de mayor importancia para obtener rendimiento y calidad del grano: siembras superficiales dejan una gran porción de semilla descubierta, ocasionando un mal arraigamiento y consumo por parte de pájaros; y siembras muy profundas, sobre 6 centímetros, tienen como consecuencia epicótilos demasiado largos y coleótilos más débiles para emerger por la capa superficial del suelo, lo que ocasiona una mayor susceptibilidad de las plantas a enfermarse precozmente, plantas con menor vigor y menor capacidad de amacollamiento. La desinfección de la semilla es importante, para evitar la transmisión de enfermedades (*Manual de la cebada cervecera*, 2012).

#### b) Trigo.

El trigo tiene un amplio rango de adaptación, crece y se desarrolla en ambientes muy diversos y puede sembrarse tanto en invierno como en primavera (Soto *et al.*, 2009). Es una planta

gramínea anual con espigas de cuyos granos molidos se saca la harina; los granos pueden ser blandos o duros; la altura de la planta varía entre 30 y 150 centímetros; el tallo es recto y cilíndrico; la hoja es lanceolada, cada planta tiene de cuatro a seis hojas. Si se siembra al voleo, se emplean de 150 a 180 kg ha<sup>-1</sup>, y si se realiza en líneas, de 120 a 125 kg ha<sup>-1</sup>; si el trigo se destina a forraje verde, se emplea mayor cantidad de semilla. La cosecha se realiza cuando los tallos han perdido por completo su color verde y el grano tiene suficiente consistencia, el corte del tallo se lleva a cabo a unos 30 centímetros del suelo (Financiera Rural, 2011).

#### *Factores que afectan el cultivo de cebada*

Factores limitantes para la producción de cebada:

##### a) Manejo del cultivo.

- Los problemas de siembra son ocasionados, principalmente, por emplear semillas con escaso vigor; distribución desigual de la semilla y siembra después de los periodos óptimos en cada región.
- La escasez de agua es otra limitante para el cultivo de la cebada, lo cual puede provocar una pérdida mayor a 50 por ciento en el rendimiento.

##### b) Factores abióticos.

El tiempo transcurrido desde la siembra hasta la emergencia de la primera hoja al nivel del suelo depende del vigor de la semilla y de los factores del medio físico, como la temperatura, humedad, textura y estructura del suelo (Molina, 1989). La cebada es un cultivo que acepta varios rangos de fotoperiodo; se puede cultivar en periodos de días cortos y días largos. La humedad que requiere para su buen desarrollo va de 380 a 660 milímetros bien distribuidos, tanto lluvias abundantes como sequías persistentes afectan la cebada; este cultivo es más tolerante a la

sequía que el trigo. La temperatura óptima depende del desarrollo y de la variedad: durante la siembra, la temperatura óptima es de 20 a 28 °C; durante la maduración del grano, las heladas, o temperaturas inferiores a 0 °C afectan tanto el aspecto físico como el peso de éste. La textura del suelo para el cultivo es de tipo franco (medio) y migajón-arenoso, sin embargo, éste se adapta a diversos tipos de suelo; generalmente se cultiva en suelos ligeros bien drenados y migajones con buena fertilidad y buen drenaje profundo. Es un cultivo tolerante a la salinidad, a suelos alcalinos, pero muy poco a suelos ácidos, el pH óptimo para este cultivo va de 6.5 a 8.0 (Ruiz *et al.*, 1999).

c) Factores bióticos.

Plagas. La cebada sufre los ataques de los hemípteros *Aelia* y *Eurygaster* (paulilla, paulillón), sampedrito, pulgones y la mayetiola; los nemátodos perjudican el cultivo de la cebada, sobre todo en años de otoños poco lluviosos; los gorgojos y la polilla atacan especialmente los graneros, ocasionando gran pérdida en la semilla almacenada.

Enfermedades. Las principales enfermedades que atacan la cebada son la roya amarilla (*Puccinia striiformis*), la roya del tallo (*Puccinia graminis*), la roya de la hoja (*Puccinia recondita*), la *Septoria nodorum*, el carbón desnudo (*Ustilago nuda*), el carbón vestido (*Ustilago hordei*), que se comporta de un modo parecido al tizón del trigo, por lo que su propagación también puede prevenirse mediante la desinfección de semillas, la helmintosporiosis de la cebada (*Helminthosporium gramineus*); a finales de la primavera aparecen en la cebada manchas alargadas en las hojas, en sentido longitudinal, que se transforman más adelante en estrías de color pardo violáceo, las hojas quedan deshilachadas al romperse éstas.

Si el ataque de estas plagas y enfermedades es severo, puede detener el crecimiento de la planta o impedir el espigado total, dejando las espigas envueltas en las vainas de las hojas o espigando, pero raquícticas. Las espigas afectadas, por tener

granos atrofiados, pesan poco, por eso se ven más derechas que las normales y con las barbas más separadas de lo normal.

### *Factores que afectan el cultivo de trigo*

Los principales problemas agrícolas que enfrenta el trigo son factores de manejo del cultivo, abióticos y bióticos (Agrobio México, 2012).

#### a) Manejo del cultivo.

- El establecimiento del cultivo debe considerar la profundidad y el método de siembra. Los principales problemas de la siembra son semillas con escaso vigor; siembra demasiado profunda, distribución desigual de la semilla, semillas desenterradas por aves o atacadas por insectos.
- El cultivo del trigo requiere agua de buena calidad y manejo de nutrientes para desarrollar el número necesario de macollos (unidad estructural de la planta que posibilita el crecimiento de las espigas); la aplicación errónea de nitrógeno y fertilizantes para optimizar la producción y supervivencia de macollos y su posterior transformación en espigas, puede reducir los rendimientos.
- Los problemas de nutrición en el suelo se deben a: insuficiente reemplazo de nutrientes en el suelo; bajo contenido de materia orgánica en el suelo; la nutrición que se aplicó cuando la planta no podía aprovecharlo en forma óptima; suelos ácidos, salinos o alcalinos; estrés hídrico, entre otros.

#### b) Factores abióticos.

- El trigo crece mejor con rangos de pH de 5.5 y 7.5; sin embargo, puede crecer en suelos más ácidos si se agregan correctores al suelo. Si el pH es muy alto o muy bajo, es señal que alguno de los nutrientes del trigo está disponible en forma excesiva, lo cual puede ser tóxico y manifestarse como deficiencia del cultivo.

- El exceso de salinidad puede destruir la estructura del suelo, causando la expansión de arcilla y la dispersión de partículas finas, obstruyen los poros del suelo a través de los cuales circulan agua y oxígeno, la acumulación de sales provoca la muerte de toda la planta. Las causas de la salinidad del suelo son drenaje inadecuado, uso excesivo de agua de riego que se acumula en el subsuelo, eliminación de plantas con alta transpiración y raíces poco profundas.
- El efecto luz es un factor imprescindible, determina el crecimiento del cultivo. El exceso de luz causa estragos si no se dispone de suficiente cantidad de agua y nutrientes.
- El incremento de las temperaturas se relaciona directamente con el estrés hídricos —las hojas pueden morir a 40 °C si no están bien hidratadas—, ya que las plantas estresadas intentan conservar agua cerrando sus estomas y esto reduce el beneficioso enfriamiento producido por la transpiración. Las bajas temperaturas merman el crecimiento de las hojas y ocasionan un cambio en su coloración; si se presentan heladas, las hojas más altas se secan y las espigas pueden carecer de granos o tener líneas sin granos.

c) Factores bióticos.

- Los hongos que más afectan al trigo: hongo de la roya (*Puccinia*), provoca la aparición de manchas brillantes que aumentan de tamaño e impiden el proceso de fotosíntesis de la hoja, lo cual ocasiona pérdida del potencial del rendimiento de la planta; tizón hediondo o caries del trigo (*Tilletia caries*), provoca que el grano se llene de esporas negras que anulan la producción; mildiu (*Erysiphe graminis*), es responsable de la aparición de manchas blanco-grisáceas durante la temporada húmeda del año e impide el proceso de la fotosíntesis.
- Las enfermedades más importantes: septoria (*Septoria tritici*), aparecen manchas o lesiones cloróticas ovales alargadas que se extienden al centro, lo cual puede matar a las hojas y es-

pigas; podredumbre de raíz (*Cochiobolus sativus*), afecta los tejidos de la corona de la raíz, llega a pudrir la planta; marchitez de los cereales, este organismo ocasiona que se pudran tallo, corona y raíz, si avanza puede ocasionar la muerte de la planta; enanismo amarillo, enfermedad transmitida por áfidos o pulgones, puede disminuir el rendimiento en más de un 20 por ciento del cultivo; virus del mosaico, es una enfermedad provocada por un ácaro “enrulado”, impide que las hojas se abran y la planta queda enrulada; enfermedades bacterianas, invaden el sistema vascular y ocasionan necrosis por las toxinas producidas o la actividad enzimática de las bacterias.

- Las plagas más frecuentes en el cultivo: la anguilula (*Anguillulina tritici*), provoca la aparición de gusanos microscópicos en los granos del trigo, destruye las plantas por completo; chinche de los cereales (*Aelia* sp. y *Eurygaster* sp.), pica los granos de trigo inyectando un enzima que impide la formación de gluten; mosca de la flor del trigo (*Sitodiplosis mosellana*), implanta los huevos en el trigo, provoca que el peso y calidad sea inferior para la elaboración de harina destinada a la panificación.

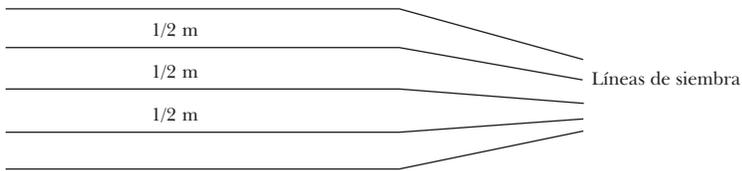
### Estimación del rendimiento de cebada y trigo: siembra en hilera

De acuerdo con Ambrosio y Fernández de Soto (1988), para la estimación de la cosecha se considera la producción total del cultivo como el producto de la superficie cultivada del mismo, por su rendimiento medio. En el caso de siembra en hilera, el rendimiento se estima a partir de las cuantificaciones separadas del número de espigas por metro y de la producción (peso de granos por espiga); y por la estimación de la producción por metro de línea de siembra multiplicada por el número de metros en línea de siembra que contiene una hectárea.

*Unidad de muestreo para estimar el número de espigas por metro*

La unidad de muestreo para estimar el número de espigas por metro está constituida por tres segmentos de línea de siembra, cada uno de 0.5 m de longitud, situadas en sendas de línea adyacentes, de manera que sus centros coincidan sobre la misma vertical (véase figura 1). El tamaño de esta unidad de muestreo es de 1.5 metros.

FIGURA 1  
TAMAÑO Y FORMA DE LA UNIDAD DE MUESTREO  
PARA ESTIMAR EL NÚMERO DE ESPIGAS POR METRO



Fuente: Adaptado de Ambrosio y Fernández de Soto, 1988.

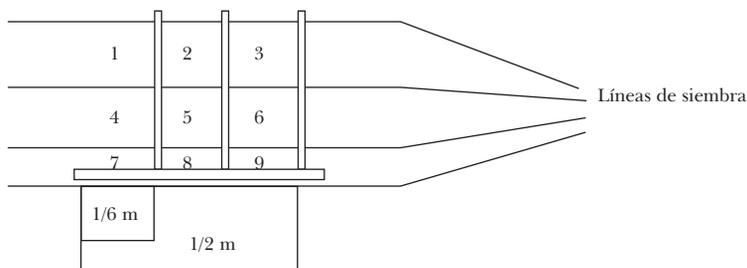
Para estimar el número de espigas por metro, es necesario seleccionar un cierto número ( $n_c$ ) de estas unidades de muestreo y proceder a contar, en cada una de las seleccionadas, el número de espigas contenidas en el conjunto de los tres segmentos.

*Unidad de muestreo para estimar la producción por espiga*

La unidad de muestreo para estimar la producción por espiga es un segmento de línea de siembra de cada sitio del muestreo inicial (0.5 metros  $\times$  3 líneas), se considera dividirlo en tres partes iguales de 1/6 metros de longitud cada una. De esta forma, la unidad de muestreo para estimar el número de espigas consta de nueve segmentos de 1/6 metros de longitud. La unidad de muestreo para estimar la producción por espiga es uno de los nueve segmentos elegidos al azar, enseguida, será necesario cortar las es-

pigas contenidas en la unidad, contar el número de ellas, separar el grano de la paja y pesar los granos obtenidos (véase figura 2).

FIGURA 2  
ESQUEMA DE UN MATERIAL PARA LA DELIMITACIÓN  
DE LAS UNIDADES DE MUESTREO



Nota: uno de los listones será de 0.5 metros de longitud que servirá de soporte a los cuatro, en éste se insertan dos de ellos a los extremos y los dos restantes en puntos distantes a 1/6 metros de los extremos.

Fuente: Adaptado de Ambrosio y Fernández de Soto, 1988.

### *Materiales*

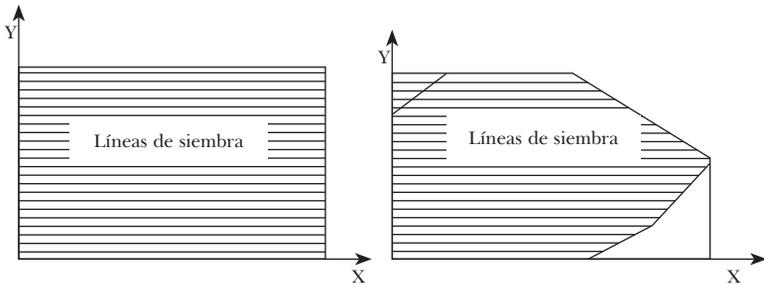
- Formato para registrar los datos.
- Balanza de reloj con soporte y precisión de  $\pm 50$  gramos.
- Bolsas grandes de nylon y marcador permanente.
- 1 cinta métrica de 10 metros.
- 1 bola de mecate.
- Un armazón de cinco listones de madera u otro material.

### *Procedimiento de extracción de la muestra*

a) Selección de número de puntos de muestreo. Un punto de muestreo se selecciona y localiza mediante un par de números (X, Y) referidos a un sistema de ejes cartesianos. Si la parcela es de forma rectangular o cuadrada, cualquiera de las esquinas de la misma puede ser el origen del sistema de referencia, éste contempla dos líneas imaginarias trazadas a partir de dicho

origen, de manera que una de ellas (X) sea paralela a la dirección de las líneas de siembra, y la otra (Y), perpendicular a dicha dirección (véase figura 3).

FIGURA 3  
MARCO DE REFERENCIA PARA LA SELECCIÓN  
DE LA MUESTRA



Fuente: Adaptado de Ambrosio y Fernández de Soto, 1988.

- Si la parcela es de forma irregular, para definir el sistema de referencia se puede considerar un cuadro o rectángulo que la circunscriba y considerar como si tuviera esta forma.
- La selección de los sitios de muestreo del eje de las X y Y, deberá ubicarse a través de una tabla de números aleatorios (véase anexo 3), para ello es necesario conocer las dimensiones de la parcela.
- Una vez localizados los puntos a muestrear en la parcela, se procede a delimitar la unidad de muestreo de 0.5 metros por 3 líneas.

b) Selección de los puntos para estimar el peso entre puntos de muestreo.

- En cada una de las unidades de muestreo del tipo 0.5 metros por líneas seleccionadas en la muestra, se contará el número de espigas contenidas por unidad, con el fin de estimar el número de espigas por metros en la parcela.

- En alguna de las unidades se tomará una muestra de espigas (las contenidas en uno de los nueve segmentos  $1/6$  metros  $\times$  1 línea) para estimar, a partir de ella, la producción media por espiga en la parcela. Dicho sitio será elegido al azar.

c) Uno de los procedimientos para localizar los puntos de muestreo en la parcela, delimitar las unidades de muestreo en ellos y observar los datos necesarios es el siguiente:

- Sobre un croquis de la parcela se localizan los puntos de muestreo; esto se aprecia más adelante en la figura 5.
- Se fija un itinerario que pasa por todos y cada uno de los puntos localizados en el croquis. Los puntos se localizan en la parcela recorriendo el itinerario fijado en las direcciones de los ejes X y Y, esto es, en la dirección de las líneas de siembra y en dirección perpendicular a ella (véase figura 6).
- Utilizar como unidad de medida el paso medio (longitud comprendida entre el talón del pie adelantado y el talón del pie atrasado).
- El punto de muestreo en la parcela es el que ocupa la puntera del pie más adelantado al finalizar un trayecto de los que forma el itinerario fijado. Para delimitar en la unidad de muestreo se coloca el extremo inferior izquierdo del utensilio (material de apoyo), de manera que el listón soporte quede situado entre dos líneas de siembra y paralelo a ellas, y el armazón en su conjunto, sobre el plano del terreno (véase figura 2).
- Se procede a contar el número de espigas en cada uno de los sitios de muestreo de 0.5 metros por tres líneas.
- En el segmento elegido al azar de los nueve puntos que forman el sitio de muestreo de 0.5 metros por tres líneas, además de contar el número de espigas, separar el grano de la paja en las espigas cortadas.
- Pesar los granos obtenidos.

*Estimación de rendimiento*

El rendimiento es la producción de grano por unidad de superficie. Se pronostica a partir de la estimación de la producción por metro de línea de siembra:

$$Q = q \times L$$

Donde:

Q= denota el rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

q= denota la producción por metro lineal ( $\text{kg de grano m}^{-1}$ ).

L= denota el número de metros de líneas de siembra en una hectárea ( $\text{m/kg/ha}$ ).

A su vez, la producción por metro lineal (q) se estima como producto de dos estimaciones: la estimación del número de espigas por metro de línea de siembra (e) y la estimación de la producción media por espiga (p):

$$q = e \times p$$

La estimación del rendimiento Q es el producto de tres factores:

$$Q = e \times p \times L$$

Donde:

e = Estimación del número de espigas por metro de línea de siembra.

p = Estimación de la producción media por espiga.

L = La estimación del número de metros de línea de siembra en una hectárea.

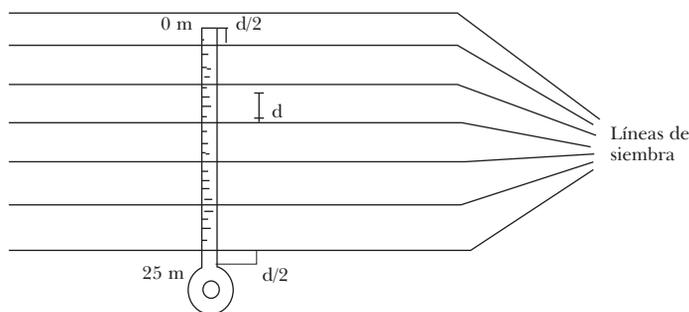
Los valores de la estimación y de la producción se obtienen, respectivamente, calculando la media aritmética del número de

espigas en cada sitio y el peso de las espigas del segmento elegido al azar en el sitio de muestreo.

El valor del número de metro de línea de siembra en una hectárea (L) está en función de la distancia (d) o entre las líneas de siembra. El valor medio de la distancia se determina en cada caso, contando el número de líneas de siembra comprendidas en una longitud de 25 m medida en dirección perpendicular a las de las líneas de siembra (véase figura 4).

FIGURA 4  
DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA  
ENTRE LÍNEAS DE SIEMBRA

$$L = \frac{10,000}{d} \text{ metros de línea de siembra por hectárea}$$



(d) es el cociente entre 25 y el número de líneas encontradas.

Fuente: Adaptado de Ambrosio y Fernández de Soto, 1988.

### *Ejemplo de estimación de rendimientos*

Consideremos una parcela de trigo de 700 metros (o pasos) de largo por 400 metros (o pasos) de ancho, se va extraer una muestra de  $n_c = 5$  unidades de muestreo del tipo 0.5 metros  $\times$  3 líneas para estimar el número de espigas por metro y de  $n_p = 3$  unidades de muestreo del tipo 1/6 metros  $\times$  1 línea, para estimar la producción media por espiga.

### 1. Selección de los $n_c = 5$ puntos de muestreo

A partir de la tabla de números aleatorios, se seleccionarán, sucesivamente, dos series de cinco números, la primera de ellas corresponde a las abscisas (X), y las segundas, a las ordenadas (Y).

Para elegir las abscisas, supongamos que el punto de partida corresponde a la posición que ocupa el número cero en el ángulo superior izquierdo (véase anexo 3). La longitud es de 700 metros, que es un número de tres cifras, de manera que es necesario considerar, además del cero, otros dos números para formar uno de tres cifras, los cinco primeros números de tres cifras inferiores a 700, que se tiene recorriendo las primeras tres columnas, de manera que la abscisa del primer punto de muestreo sería 22; la segunda, 8; 642, 422 y 92 la del tercero, cuarto y quinto, respectivamente.

Para la selección de la serie de ordenadas se procede empezando por un nuevo punto de la tabla al azar. Por ejemplo, se elige el número cinco, que ocupa el ángulo inferior derecho de la tabla. El número que indica la longitud de 400 metros (pasos) es de tres cifras, por ello es necesario considerar otros dos números además del cinco. Los primeros cinco números de tres cifras, inferiores a 400, que se encuentran recorriendo hacia arriba las tres últimas columnas de la tabla, definen la serie de ordenadas; la ordenada del primer punto de muestreo sería 388; la del segundo, 298; la del tercero, 86; cuarto y quinto, 275 y 373, respectivamente (véase cuadro 1).

Si la parcela no es rectangular, algunos puntos seleccionados no pertenecen a la parcela; de ser así, serán suprimidos de la serie y el proceso de selección se iniciará de nuevo al elegir dos nuevas series, una de abscisas y otra de ordenadas, de tantos elementos cada una como puntos hayan sido suprimidos de la serie inicial; sea el número 7, intersección de la primera columna y de la fila 26, el punto de inicio supuesto elegido al azar, la nueva serie de abscisas. Las abscisas de los nuevos puntos elegidos son 315 y 199. Sea el número 9, intersección de la columna 5 y fila 25,

el punto de inicio: las ordenadas de los dos nuevos puntos son 46 y 164 (véase figura 5).

CUADRO 1  
SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO  
PARA UNA PARCELA RECTANGULAR

| <i>Unidad de muestreo (i)</i> | <i>Abscisa (X)</i> | <i>Ordenada (Y)</i> |
|-------------------------------|--------------------|---------------------|
| 1                             | 22                 | 388                 |
| 2                             | 8                  | 298                 |
| 3                             | 642                | 86                  |
| 4                             | 422                | 275                 |
| 5                             | 92                 | 373                 |

Fuente: Adaptado de Ambrosio y Fernández de Soto, 1988.

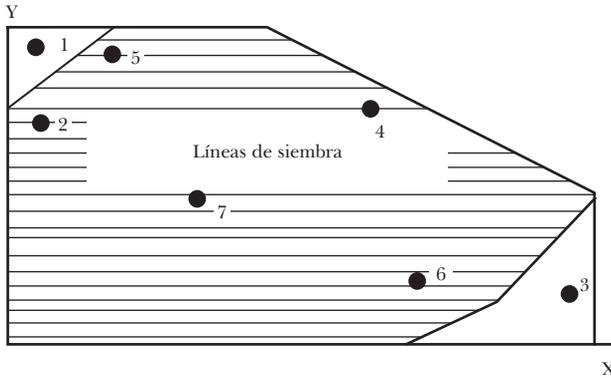
La nueva serie resulta de suprimir los puntos 1 y 3 que no pertenecen a la parcela y añadir los dos nuevos puntos seleccionados (véase cuadro 2).

CUADRO 2  
SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO PARA  
UNA PARCELA NO RECTANGULAR

| <i>Unidad de muestreo (i)</i> | <i>Abscisa (X)</i> | <i>Ordenada (Y)</i> |
|-------------------------------|--------------------|---------------------|
| 2                             | 8                  | 298                 |
| 4                             | 422                | 275                 |
| 5                             | 92                 | 373                 |
| 6                             | 315                | 46                  |
| 7                             | 199                | 164                 |

Fuente: Adaptado de Ambrosio y Fernández de Soto, 1988.

FIGURA 5  
LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS  
DE MUESTREO EN LA PARCELA



Fuente: Adaptado de Ambrosio y Fernández de Soto, 1988.

2. Selección de los  $n_p = 3$  puntos de entre los  $n_e = 5$ .

Numerar del uno al cinco los  $n_e$  puntos que están en la parcela (véase cuadro 3):

CUADRO 3  
NUMERACIÓN DE LOS PUNTOS  
QUE ESTÁN EN LA PARCELA

| <i>Unidad de muestreo (i)</i> | <i>Abscisa (X)</i> | <i>Ordenada (Y)</i> |
|-------------------------------|--------------------|---------------------|
| 1                             | 8                  | 298                 |
| 2                             | 422                | 275                 |
| 3                             | 92                 | 373                 |
| 4                             | 315                | 46                  |
| 5                             | 199                | 164                 |

Fuente: Adaptado de Ambrosio y Fernández de Soto, 1988.

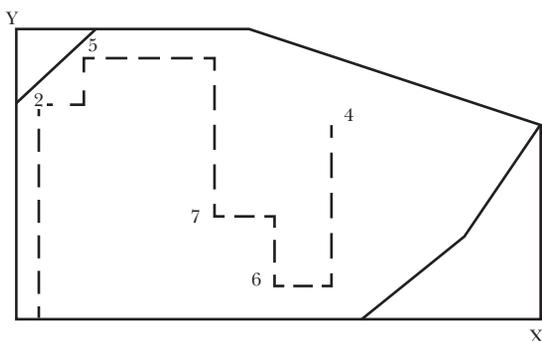
Para seleccionar al azar, con igual probabilidad,  $n_p = 3$  de estos puntos, nos apoyamos en el anexo 3, extrayendo una serie de tres números, partiendo de la posición que ocupa el cero en el

ángulo superior izquierdo, la serie seleccionada estaría formada por los números 4, 5 y 2 en este orden. Así, en los puntos de muestreo de coordenadas: (315 46), (199 164) y (422 275) será necesario tomar una muestra de espigas para estimar la producción media por espiga.

### 3. Localización de los puntos de muestreo en la parcela.

La localización se ubica a través de un itinerario que coincide con el del sistema de referencia, considerando los metros (pasos) entre la dirección de las líneas de siembra y en dirección perpendicular a las de las líneas de siembra. En el punto número dos a ser muestreado, se delimita la unidad de muestreo haciendo uso del utensilio (material) y se procede a contar el número de espigas contenidas en los tres segmentos de 0.5 metros delimitados, esto es, en los nueve segmentos de 1/6 metros (véase figura 6).

FIGURA 6  
ITINERARIO PARA LA TOMA DE DATOS



Fuente: Adaptado de Ambrosio y Fernández de Soto, 1988.

Cuando el punto a muestrear según el itinerario sea un punto para contar el número de espigas, y además uno de los tres puntos para estimar la producción, será necesario tomar en él una muestra de espigas, para ello se enumeran los segmentos de 1/6 metros delimitados del 1 al 9 (véase figura 2) y se elige un

número al azar, con igual probabilidad entre el 1 y el 9. En el segmento elegido se procede a cortar y contar las espigas contenidas en éste, además de separar en las mismas el grano de la paja y pesar los granos obtenidos para estimar la producción. Los datos obtenidos se registran en la ficha correspondiente (véase cuadro 4).

#### 4. Estimación del rendimiento esperado.

a) Estimación del número de espigas por metro de línea de siembra (e).

La estimación del número de espigas por metro de línea de siembra es la media aritmética de los valores de la columna 5 (véase cuadro 4).

$$T = \frac{1}{n_e} \sum_{i=1}^{n_e} T_i = \frac{67+85+69+76+63}{5} = 72$$

Luego  $e = \frac{72}{1.5} = 48$  espigas por metro de línea de siembra.

b) Estimación de la producción media por espiga (p).

Es la media aritmética de los valores de la columna (10) de la producción media por espiga:

$$p = \frac{1}{n_p} \sum_{i=1}^{n_p} p_i = \frac{0.888+0.788+0.943}{3} = 0.873 \text{ g/espiga}$$

c) Estimación del número de m de línea de siembra en una hectárea (L).

La distancia (d) entre líneas de siembra es  $d = \frac{25}{156}$

El número de m de línea de siembra en una hectárea es:

$$L = \frac{10,000}{d} = \frac{10,000}{\frac{25}{156}} = 62,400$$

metros de línea de siembra por hectárea

CUADRO 4

FICHA TIPO PARA EL REGISTRO DE DATOS EN EL PROCESO DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

| Punto de muestreo | Coordenadas del punto del muestreo |              | Número de espigas |  | Unidad de muestreo   |                       | Producción (P) (G <sub>1</sub> ) (10) = (9)/(8) | Observaciones                           |
|-------------------|------------------------------------|--------------|-------------------|--|----------------------|-----------------------|---|---|
|                   | Abscisa (3)                        | Ordenada (4) | Total (T) (5)     | Por m e <sub>i</sub> = T/1.5 (6) = (5)/1.5 | Segmento elegido (7) | Número de espigas (8) |   |   |
| 1 --              | 22                                 | 388          | --                | --   | --                   | --                    | --  | Punto de muestreo exterior a la parcela |
| 2 1               | 8                                  | 298          | 67                | 44.66                                      | --                   | --                    | --  |   |
| 3 --              | 642                                | 86           | --                | --   | --                   | --                    | --  | Punto de muestreo exterior a la parcela |
| 4 2               | 422                                | 275          | 85                | 55.66                                      | 4                    | 8                     | 7.1   | 0.888                                   |
| 5 3               | 92                                 | 373          | 69                | 46.00                                      | --                   | --                    | --  | --                                      |
| 6 4               | 315                                | 46           | 76                | 50.66                                      | 1                    | 8                     | 6.3   | 0.788                                   |
| 7 5               | 199                                | 164          | 63                | 42.00                                      | 8                    | 7                     | 6.6   | 0.943                                   |

Número de líneas de siembra en 25 m, 156

Fuente: Ambrosio y Fernández de Soto, 1988.

#### d) Estimación del rendimiento (Q)

La estimación (Q) del rendimiento es:

$$Q = e \times p \times L = 48 \times 0,873 \times 62,400 = 2'614,809,6 \text{ g ha}^{-1} = 2,614,8 \text{ kg ha}^{-1}$$

### Estimación de rendimiento en cultivo sembrado al voleo<sup>1</sup>

Al igual que con los cereales de grano pequeño sembrados en línea, en el cálculo de cosecha en cultivos sembrados al voleo (trigo, cebada, avena, entre otros) se inspeccionan aquellas áreas representativas de las condiciones medias del cultivo.

El tamaño de la muestra, así como el número de las mismas, dependerán del cultivo de que se trate y de las condiciones del terreno; por lo que a mayor uniformidad, menor será el número de muestras que se necesite para hacer una estimación de los rendimientos que se acerquen más a la producción real.

El evaluador debe contar con cuatro cables de 1, 2 y 3 metros lineales cada uno, empleándolos según el grado de dificultad o tamaño del predio, para delimitar las muestras de 1, 4 o 9 m<sup>2</sup>, respectivamente, sitio(s) donde procede a cortar y posteriormente contar por tamaño todas las espigas; seleccionando a continuación 50 o 100 espigas representativas proporcionalmente (grandes, medianas y chicas), las cuales se desgranar, criban y pesan, cuyo resultado se divide entre el número de las mismas para obtener el peso promedio unitario; en el caso del ajuste de primas de seguro agrícola, cuando surgen dudas o inconformidades de cualquiera de las partes que intervienen en el cálculo de cosecha, se recomienda desgranar, cribar y pesar todo el producto de la muestra.

El peso promedio unitario se multiplica por el número total de espigas logradas en la muestra y su resultado se divide entre los metros cuadrados del sitio, para conocer los gramos prome-

<sup>1</sup> Algunas acotaciones se efectúan con base en el manuscrito preparado por Alatorre (1991).

dio por metro cuadrado, los que finalmente se multiplican por 10 mil para conocer el rendimiento por hectárea.

Para mayor comprensión, a continuación se describen tres ejemplos y se acompañan del anexo 3 que contiene las siguientes columnas:

- Número de espigas por hectárea.
- Gramos promedio por espiga.
- Producción esperada por hectárea.

#### Ejercicio 1

- Espigas obtenidas en  $1 \text{ m}^2 = 316$  (trigo).
- Peso grano de 50 espigas representativas =  $30 \text{ g} = 0.03 \text{ kg}$ .
- Peso grano promedio por espigas  $(30/50) = 0.600 \text{ g} = 0.0006 \text{ kg}$ .
- Espigas promedio por  $\text{m}^2 = 316$ .
- Peso en g por  $\text{m}^2$   $(0.0006 \times 316) = 0.1896 \text{ kg}$ .
- Producción en  $\text{kg ha}^{-1}$   $(0.1896 \times 10,000) = 1,896 \text{ kg}$ .

#### Ejercicio 2

- Espigas obtenidas en  $4 \text{ m}^2 = 692$  (cebada).
- Peso grano de 50 espigas representativas =  $0.024750 \text{ kg}$ .
- Peso grano promedio por espiga  $(0.02475/50) = 0.000495 \text{ kg}$ .
- Espigas promedio por  $\text{m}^2$   $(692/4) = 173$ .
- Peso en g por  $\text{m}^2$   $(0.000495 \times 173) = 0.085635 \text{ kg}$ .
- Producción en  $\text{kg ha}^{-1}$   $(0.085635 \times 10,000) = 856 \text{ kg}$ .

#### Ejercicio 3

- Espigas obtenidas en  $9 \text{ m}^2 = 2,574$  (trigo).
- Peso grano de 100 espigas representativas =  $0.13819 \text{ kg}$ .
- Peso grano promedio por espiga  $(0.1382/100) = 0.001382 \text{ kg}$ .
- Espigas promedio por  $\text{m}^2$   $(2,574/9) = 286$ .
- Peso en g por  $\text{m}^2$   $(0.001382 \times 286) = 0.3952 \text{ kg}$ .
- Producción en  $\text{kg ha}^{-1}$   $(0.3952 \times 10,000) = 3,952 \text{ kg}$ .

## Anexos

ANEXO I  
 TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS

---

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 02 22 | 85 19 | 48 74 | 55 24 | 89 69 | 15 53 | 00 20 | 88 48 | 95 08 | 00 47 |
| 85 76 | 34 51 | 40 44 | 62 93 | 65 99 | 72 64 | 09 34 | 01 13 | 09 74 | 90 65 |
| 00 88 | 96 79 | 38 24 | 77 00 | 70 91 | 47 43 | 43 82 | 71 67 | 49 90 | 37 09 |
| 64 29 | 81 85 | 50 47 | 36 50 | 91 19 | 09 15 | 98 75 | 60 58 | 33 15 | 51 44 |
| 94 03 | 80 04 | 21 49 | 54 91 | 77 85 | 00 45 | 68 23 | 12 94 | 23 44 | 36 88 |
|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 42 28 | 52 73 | 06 41 | 37 47 | 47 31 | 52 99 | 89 82 | 22 81 | 86 55 | 99 09 |
| 09 27 | 52 72 | 49 11 | 30 93 | 33 29 | 54 17 | 54 48 | 47 42 | 04 79 | 18 64 |
| 54 68 | 64 07 | 85 32 | 05 96 | 54 79 | 57 43 | 96 97 | 30 72 | 12 19 | 41 70 |
| 25 04 | 92 29 | 71 11 | 64 10 | 42 23 | 23 67 | 01 19 | 20 58 | 35 93 | 39 46 |
| 28 58 | 32 91 | 95 28 | 42 36 | 98 59 | 66 32 | 15 51 | 46 63 | 57 10 | 83 55 |
|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 64 35 | 04 62 | 24 87 | 44 85 | 45 68 | 41 66 | 19 17 | 13 09 | 63 37 | 15 33 |
| 61 05 | 55 88 | 25 01 | 15 77 | 12 90 | 69 34 | 36 93 | 52 39 | 36 23 | 59 73 |
| 98 93 | 18 93 | 86 98 | 99 04 | 75 28 | 30 05 | 12 09 | 57 35 | 90 15 | 98 07 |
| 61 89 | 35 47 | 16 32 | 20 16 | 78 52 | 82 37 | 26 33 | 67 42 | 11 93 | 35 61 |
| 94 40 | 82 18 | 06 61 | 54 67 | 03 66 | 76 82 | 90 31 | 71 90 | 39 27 | 97 85 |
|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 54 38 | 58 65 | 27 70 | 93 57 | 59 00 | 63 56 | 18 79 | 85 52 | 21 03 | 03 16 |
| 63 70 | 89 23 | 76 46 | 97 70 | 00 62 | 15 35 | 97 42 | 47 54 | 60 60 | 78 12 |
| 61 58 | 65 62 | 81 29 | 69 71 | 95 53 | 53 69 | 20 95 | 66 60 | 50 70 | 22 97 |
| 51 68 | 98 15 | 05 64 | 43 32 | 74 03 | 44 63 | 52 38 | 67 59 | 56 69 | 11 14 |
| 59 25 | 41 48 | 64 79 | 62 26 | 87 86 | 94 30 | 43 54 | 26 98 | 61 38 | 63 44 |
|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 85 00 | 02 24 | 67 85 | 88 10 | 34 01 | 54 53 | 23 77 | 33 11 | 19 68 | 13 50 |
| 01 46 | 87 56 | 19 19 | 19 43 | 70 25 | 24 29 | 48 22 | 44 81 | 35 40 | 33 23 |
| 42 41 | 25 10 | 87 27 | 77 28 | 05 90 | 73 03 | 95 46 | 88 82 | 25 02 | 05 00 |
| 03 57 | 14 03 | 17 80 | 47 85 | 94 49 | 89 55 | 10 27 | 19 50 | 20 37 | 02 71 |
| 18 95 | 93 40 | 45 43 | 04 57 | 17 03 | 34 54 | 83 91 | 69 02 | 90 72 | 98 45 |
|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 74 11 | 04 66 | 68 52 | 70 11 | 97 01 | 55 36 | 63 49 | 42 68 | 82 15 | 48 64 |
| 31 54 | 98 82 | 61 64 | 40 50 | 42 48 | 96 84 | 82 42 | 55 15 | 72 34 | 90 96 |
| 85 51 | 93 55 | 89 63 | 47 92 | 88 42 | 00 08 | 21 52 | 27 28 | 77 48 | 02 42 |
| 19 95 | 97 55 | 27 91 | 15 20 | 96 25 | 48 75 | 49 95 | 88 68 | 36 09 | 66 17 |
| 75 74 | 55 98 | 33 02 | 36 99 | 11 84 | 07 71 | 40 65 | 95 54 | 01 90 | 14 32 |
|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 74 11 | 04 66 | 68 52 | 70 11 | 97 01 | 55 36 | 63 49 | 42 68 | 82 15 | 48 64 |
| 31 54 | 98 82 | 61 64 | 40 50 | 42 48 | 96 84 | 82 42 | 55 15 | 72 34 | 90 96 |
| 85 51 | 93 55 | 89 63 | 47 92 | 88 42 | 00 08 | 21 52 | 27 28 | 77 48 | 02 42 |
| 19 95 | 97 55 | 27 91 | 15 20 | 96 25 | 48 75 | 49 95 | 88 68 | 36 09 | 66 17 |
| 75 74 | 55 98 | 33 02 | 36 99 | 11 84 | 07 71 | 40 65 | 95 54 | 01 90 | 14 32 |

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 76 70 | 16 48 | 38 14 | 94 74 | 00 37 | 24 88 | 26 40 | 05 87 | 01 87 | 00 82 |
| 12 32 | 28 29 | 14 36 | 09 42 | 22 65 | 85 40 | 79 23 | 60 18 | 58 89 | 60 95 |
| 51 94 | 67 37 | 40 50 | 74 11 | 57 07 | 54 90 | 55 60 | 75 66 | 74 59 | 43 34 |
| 59 05 | 38 38 | 35 63 | 71 92 | 51 61 | 07 57 | 33 15 | 47 80 | 14 72 | 67 27 |
| 61 54 | 47 95 | 21 81 | 99 54 | 84 68 | 49 46 | 04 87 | 23 10 | 93 18 | 34 62 |
| 39 88 | 12 18 | 78 69 | 61 17 | 41 02 | 82 98 | 57 15 | 80 65 | 08 18 | 25 81 |
| 28 62 | 67 03 | 44 53 | 15 36 | 14 27 | 47 96 | 35 38 | 29 07 | 84 99 | 51 14 |
| 36 57 | 58 34 | 23 47 | 96 09 | 36 91 | 82 76 | 68 90 | 21 61 | 55 86 | 74 17 |
| 99 08 | 02 16 | 80 53 | 35 89 | 06 64 | 54 32 | 96 97 | 74 19 | 33 04 | 06 70 |
| 63 09 | 70 60 | 97 25 | 37 17 | 72 52 | 39 87 | 15 15 | 98 30 | 51 57 | 06 42 |
| 97 60 | 16 18 | 55 02 | 72 66 | 63 80 | 21 24 | 20 23 | 18 13 | 84 73 | 83 73 |
| 40 35 | 86 60 | 42 36 | 12 67 | 10 64 | 97 65 | 96 18 | 41 67 | 59 91 | 42 75 |
| 28 46 | 35 52 | 20 78 | 72 37 | 23 78 | 53 42 | 92 51 | 26 14 | 61 35 | 49 00 |
| 30 16 | 53 45 | 09 38 | 08 72 | 03 92 | 86 92 | 91 44 | 96 12 | 68 34 | 30 86 |
| 46 28 | 16 25 | 24 40 | 90 62 | 85 78 | 10 68 | 26 14 | 78 07 | 47 97 | 94 91 |
| 34 53 | 93 74 | 37 82 | 93 68 | 50 32 | 56 81 | 15 70 | 78 54 | 37 33 | 97 30 |
| 99 88 | 08 59 | 17 46 | 26 25 | 32 70 | 13 62 | 73 02 | 34 58 | 46 18 | 89 59 |
| 31 57 | 05 77 | 58 49 | 14 59 | 77 89 | 35 73 | 54 07 | 30 65 | 59 68 | 82 98 |
| 54 05 | 48 94 | 94 27 | 76 81 | 68 16 | 97 85 | 03 80 | 49 25 | 10 37 | 43 88 |
| 82 36 | 57 45 | 47 95 | 42 13 | 86 48 | 02 36 | 50 36 | 36 32 | 85 38 | 04 15 |

---

Fuente: Extraído de *Tracts for Computers*, editado por E.S. Pearson. D. Sc. núm. XXIV, Tables of sampling numbers, por M. G. Kendall y B. Babington, Cambridge University Press, 1946.

ANEXO 2

FICHA TIPO PARA EL REGISTRO DE DATOS EN EL PROCESO  
DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

| <i>Unidad de muestreo</i>  |   |
|--|---|
| <i>1/2 m × 3 líneas</i>  | <i>1/6 m × 1 línea</i>                    |
| <i>Punto de muestreo</i>   | <i>Coordenadas del punto del muestreo</i> |
| <i>(i)</i>   | <i>(j)</i>                                |
| <i>Abscisa</i>   | <i>Ordenada</i>                           |
| <i>(1)</i>   | <i>(2)</i>                                |
| <i>Total (T)</i>   | <i>Por m e<sub>i</sub> = T/1.5</i>        |
| <i>(5)</i>   | <i>(6)</i>                                |
| <i>(7)</i>   | <i>(8)</i>                                |
| <i>Segmento elegido</i>  | <i>Número de espigas</i>                  |
| <i>(9)</i>   | <i>(10)</i>                               |
| <i>Producción media por espiga (P<sub>i</sub>) (G<sub>i</sub>)</i> | <i>Observaciones</i>                      |
| <i>(11)</i>  | <i>(12)</i>                               |
| 1  |   |
| 2  |   |
| 3  |   |
| 4  |   |
| 5  |   |
| 6  |   |
| 7  |   |
| Número de líneas de siembra en 25 m, 156                           |   |

Fuente: Adaptado de Ambrosio y Fernández de Soto, 1988.

ANEXO 3  
 PRODUCCIÓN ESPERADA DE ACUERDO CON EL NÚMERO  
 DE ESPIGAS POR HECTÁREA Y EL PESO  
 UNITARIO DE ESPIGAS EN GRAMOS

| Número espigas<br>por ha | Producción por ha/peso unitario espiga en g |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                          | 0.100                                       | 0.200 | 0.300 | 0.400 | 0.500 | 0.600 | 0.700 | 0.800 | 0.900 | 1.000 |
| 10,000                   | 1   | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| 20,000                   | 2   | 4     | 6     | 8     | 10    | 12    | 14    | 16    | 18    | 20    |
| 30,000                   | 3   | 6     | 9     | 12    | 15    | 18    | 21    | 24    | 27    | 30    |
| 40,000                   | 4   | 8     | 12    | 16    | 20    | 24    | 28    | 38    | 36    | 40    |
| 50,000                   | 5   | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    | 50    |
| 60,000                   | 6   | 12    | 18    | 24    | 30    | 36    | 42    | 48    | 54    | 60    |
| 70,000                   | 7   | 14    | 21    | 28    | 35    | 42    | 49    | 56    | 63    | 70    |
| 80,000                   | 8   | 16    | 24    | 32    | 40    | 48    | 56    | 64    | 72    | 80    |
| 90,000                   | 9   | 18    | 27    | 36    | 45    | 54    | 63    | 72    | 81    | 90    |
| 100,000                  | 10  | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 70    | 80    | 90    | 100   |
| 200,000                  | 20  | 40    | 60    | 80    | 100   | 120   | 140   | 160   | 180   | 200   |
| 300,000                  | 30  | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   | 210   | 240   | 270   | 300   |
| 400,000                  | 40  | 80    | 120   | 160   | 200   | 240   | 280   | 380   | 360   | 400   |
| 500,000                  | 50  | 100   | 150   | 200   | 250   | 300   | 350   | 400   | 450   | 500   |
| 600,000                  | 60  | 120   | 180   | 240   | 300   | 360   | 420   | 480   | 540   | 600   |
| 700,000                  | 70  | 140   | 210   | 280   | 350   | 420   | 490   | 560   | 630   | 700   |
| 800,000                  | 80  | 160   | 240   | 320   | 400   | 480   | 560   | 640   | 720   | 800   |
| 900,000                  | 90  | 180   | 270   | 360   | 450   | 540   | 630   | 720   | 810   | 900   |
| 1'000,000                | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600   | 700   | 800   | 900   | 1,000 |
| 2'000,000                | 200   | 400   | 600   | 800   | 1,000 | 1,200 | 1,400 | 1,600 | 1,800 | 2,000 |
| 3'000,000                | 300   | 600   | 900   | 1,200 | 1,500 | 1,800 | 2,100 | 2,400 | 2,700 | 3,000 |
| 4'000,000                | 400   | 800   | 1,200 | 1,600 | 2,000 | 2,400 | 2,800 | 3,800 | 3,600 | 4,000 |
| 5'000,000                | 500   | 1,000 | 1,500 | 2,000 | 2,500 | 3,000 | 3,500 | 4,000 | 4,500 | 5,000 |
| 6'000,000                | 600   | 1,200 | 1,800 | 2,400 | 3,000 | 3,600 | 4,200 | 4,800 | 5,400 | 6,000 |

Fuente: Tomado de Alatorre, 1991.

### Fuentes consultadas

Agrobio México (2012), *Beneficios y aplicaciones de la biotecnología agrícola en México y en el mundo*, disponible en [http://www.agro-biomexico.org.mx/index.php?option=com\\_k2&view=item&layout=item&id=97&Itemid=31](http://www.agro-biomexico.org.mx/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=97&Itemid=31)

- ALATORRE I., R. (1991), *Manual de estimación de cosecha*, ANAGSA y Agroasemex (mimeo.).
- AMBROSIO F., L. y A. Fernández de Soto G. (1988), *Estimación del rendimiento de cosechas de cereales de invierno; un método objetivo*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Servicio de Extensión Agraria, 63 pp.
- CASTAÑEDA S., M.C., L. Cándido C., J. Molina M. *et al.* (2004), “Crecimiento y desarrollo de cebada y trigo”, *Revista Fitotecnica Mexicana, Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.*, año 27, núm. 2, pp. 167-175.
- FAO-FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2012), *Estadísticas sobre la producción mundial*, disponible en <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- \_\_\_\_\_ (abril 2011), *Monografía del trigo grano*, Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial, disponible en [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaTrigo\(abr11\)vf.pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaTrigo(abr11)vf.pdf)
- \_\_\_\_\_ (septiembre 2009), *Monografía cebada*, Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial, disponible en [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADas%20Anteriores/Monograf%C3%ADaCebada\(sep2009\)LC.pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADas%20Anteriores/Monograf%C3%ADaCebada(sep2009)LC.pdf)
- LÓPEZ-CASTAÑEDA, C. A., R. Richards y D. Farquhar G. (1995), Variation in Early Vigor Between Wheat and Barley. *Crop Science. Society of America*, núm. 35, pp. 472-479.
- Manual de la cebada cervecera* (2012), disponible en <http://es.scribd.com/doc/14229542/Manual-Cebada>.
- MOLINA C., J.L. (1989), *La cebada*, Madrid, España, Mundi-prensa, 252 pp.
- RUIZ C., J.A., G. Mediana G., I.J. González A., C. y T. Ortiz *et al.* (1999), *Requerimientos agroecológicos de aulivos*, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural-Instituto Nacional

de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Libro Técnico, núm. 3, Guadalajara, Jalisco, México, 324 pp.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2012), *Trigo grano*, disponible en [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=269&Itemid=427](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=269&Itemid=427)



# Estimación de cosecha de frijol

Luis Manuel Serrano-Covarrubias,\* Gladis Feliciano-Gregorio,\*\*

María Guadalupe Arroyo-Pozos\*\*\*

## Introducción

Después del maíz, el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es el segundo producto en importancia en el país en cuanto a superficie sembrada, anualmente se siembran alrededor de un millón y medio de hectáreas. En el estado de Zacatecas, es el cultivo más importante, en los últimos siete años se sembraron, en promedio, aproximadamente 600 mil hectáreas bajo condiciones de temporal, es el estado con mayor superficie sembrada en el país. El segundo estado es Durango, con alrededor de 250 mil hectáreas. Estas dos entidades conforman la región productora de frijol más importante en México con cerca de 850 mil hectáreas, lo cual representa 57.1 por ciento de la superficie total sembrada con esta leguminosa bajo condiciones de temporal (SIAP, 2009).

La producción de frijol en México ha crecido 2.7 por ciento en promedio anual durante el periodo 2000-2010, esto representó en promedio una producción anual de 1.14 millones de toneladas. La dinámica observada durante ese periodo, indica que la producción de frijol ha presentado una amplia variación, debido principalmente a que gran parte de ella se siembra en

\* CRUS-UACH. Centro Regional Universitario Sur-Universidad Autónoma Chapingo.

\*\* Departamento de Fitotecnia-UACH. Universidad Autónoma Chapingo.

\*\*\* CIESTAAM-UACH. Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial.

áreas de temporal, no tecnificadas con instrumentos de irrigación y otros insumos tecnológicos que eleven el nivel de producción. El rendimiento obtenido en la producción de frijol diferenciado según la modalidad de riego o temporal indica que las tierras cultivadas bajo la implementación de técnicas de irrigación obtienen un rendimiento que llega a duplicar el obtenido bajo condiciones de lluvia natural. El rendimiento obtenido por modalidad de riego oscila entre 1.4 a 1.7 t ha<sup>-1</sup>, mientras que el rendimiento por temporal oscila entre 0.4 y 0.7 t ha<sup>-1</sup> (Secretaría de Economía, 2012).

Dada la importancia del cultivo de frijol de temporal en México y la necesidad de estimar su producción antes de la cosecha por parte de las autoridades del sector agropecuario, y con ello poder definir apoyos a los productores de acuerdo con el volumen de cosecha esperado, hace necesario la formulación de pronósticos cada vez más precisos. El objetivo de esta publicación es proponer métodos prácticos para estimar el rendimiento de frijol de temporal con anticipación a la cosecha.

### Factores que afectan el rendimiento

La producción de frijol común se ve afectada por diversos factores bióticos (malezas, plagas y enfermedades) y abióticos (salinidad o acidez del suelo, altas o bajas temperaturas, déficit hídrico) que ocasionan estrés en el cultivo (Mayek *et al.*, 1999).

El 60 por ciento de la producción mundial de frijol común se obtiene en condiciones de déficit hídrico, por lo que este factor es el que más contribuye en la reducción del rendimiento después de las enfermedades (Singh, 1996). El frijol requiere 200 a 400 milímetros de agua para su desarrollo, distribuidos de forma uniforme, con una precipitación de 1 a 2 milímetros día<sup>-1</sup> durante la fase vegetativa, y de 2 a 3 mm día<sup>-1</sup> durante la reproductiva, hasta la etapa de madurez fisiológica, cuando se requiere poca o ninguna humedad. Cualquier

alteración en esta demanda puede afectar el rendimiento, ya que el frijol tiene poco poder de recuperación cuando está expuesto al estrés hídrico o a las altas precipitaciones (Zimmerman *et al.*, 1994).

Las plagas y enfermedades son responsables en alto grado de mermas en el rendimiento, el manejo que se les dé es determinante para lograr una buena producción (Escalante y Kohashi, 1993). Entre los hongos que infectan a la planta de frijol, y que además ocasionan importantes pérdidas en la producción, destaca *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid, hongo cuyo crecimiento es favorecido por el estrés ambiental producido por la sequía y las altas temperaturas, condiciones particularmente frecuentes en la producción del frijol común en el norte y el altiplano semiárido de México (Mayek *et al.*, 1999).

El frijol es una planta poco competitiva, se han observado reducciones en la cosecha hasta de 75 por ciento cuando no se han manejado las malezas durante todo el ciclo de cultivo. Durante los primeros 30 días, debe mantenerse libre de malezas, ya que éste es el periodo en que las malezas causan un daño irreversible y, por lo tanto, pérdidas en el rendimiento (Escalante y Kohashi, 1993).

La producción de variedades de frijol resistente a la sequía en México ha sido lenta y costosa, debido a que la sequía es un factor difícil de evaluar, pues genotipos que presentan rendimientos superiores bajo sequía en alguna localidad o año pueden o no repetir esta respuesta (Acosta, Rosales, Navarrete y López, 2000). Para el caso del mejoramiento genético, cuando uno de los principales objetivos es la selección de germoplasma con alto potencial de rendimiento final, se simplifican o ignoran muchos de los procesos fisiológicos de la adaptación a la sequía.

Dados todos los factores que afectan la producción de frijol, los métodos para la estimación del rendimiento final se aplican por lo general al comenzar la madurez fisiológica, momento en el que el grano ha acumulado el máximo contenido de materia

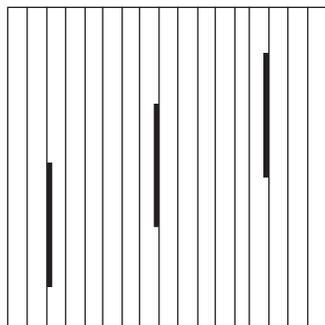
seca, fenológicamente se le denomina etapa R9 o de maduración. Esta etapa se caracteriza por el inicio de la decoloración y secado en las primeras vainas, después continúa el amarillamiento, la caída de hojas y todas las partes de la planta se secan; al secarse, las vainas pierden su pigmentación. El contenido de agua de las semillas baja hasta alcanzar 15 por ciento, es el momento en que las semillas adquieren su color típico. Termina el ciclo biológico y el cultivo se encuentra listo para la cosecha (Solórzano, 2007).

### **Primera metodología para la estimación de rendimiento**

La presente metodología permite obtener información directamente en campo para estimar los rendimientos obtenidos en el cultivo de frijol. Para ello se utilizó la metodología propuesta por el Colegio de Posgraduados (Promaf, 2008), la cual se basa en determinar la población de plantas en los sitios de muestreo, la cantidad de producto en un sitio representativo y su cosecha para obtener los datos de peso y contenido de humedad requeridos para calcular el volumen de producción por hectárea. Para lograr lo anterior, es importante seguir los siguientes pasos:

1. Ubicar geográficamente los vértices de la parcela y registrarlos en el formato de campo de la estimación de rendimientos (véase anexo 1).
2. Determinar el número de surcos y la distancia entre surcos o líneas, el ancho, la longitud media de la parcela. Con esta información se estima la superficie de la parcela.
3. Enseguida se determina el promedio de distancia entre plantas mediante muestreo de, al menos, tres líneas de 20 m ubicadas al azar en cada parcela y distribuidas de la manera más homogénea posible dentro de la misma (véase figura 1).

FIGURA 1  
LOTE CON TRES TRANSECTOS, CADA LÍNEA  
REPRESENTA UN SURCO



Fuente: Adaptado de Promaf, 2008.

4. La información del número de plantas en cada transecto se registra en el formato de estimación de rendimiento (véase anexo 1).
5. Posteriormente, se seleccionan 20 plantas distribuidas al azar dentro de la parcela, se recomienda no cortar plantas contiguas del mismo surco ni de surcos vecinos. Estas plantas se cortan y se meten en un costal para ser trilladas posteriormente.
6. De las 20 plantas cosechadas, se seleccionan tres y se cuenta el número de vainas por cada planta. Información debe registrarse en el formato de estimación de rendimientos.
7. Para cada planta se seleccionan cinco vainas y se cuenta el número de granos por vaina, luego se registra en el formato respectivo el número de granos de las cinco vainas.
8. Se guarda la muestra y se etiqueta para determinar el peso del grano y el contenido de humedad.
9. En caso necesario, se deja asolear la muestra.
10. Se trilla la muestra apaleándola dentro de un costal, se separa la paja (tazol) del grano.

11. Se pesa el grano, y de ser posible, se determina el contenido de humedad.
12. Por último, se registra el rendimiento obtenido en el ciclo anterior y el precio al que vendió el productor, además del rendimiento que se espera obtener y el precio al que se espera vender.

#### *Procedimiento en caso de borregos*

El procedimiento es similar al anterior, pero en éste el número de hileras de borregos será mucho menor que el de plantas. Así mismo, se deberá medir el ancho de hileras de borregos para determinar el número de éstos por hectárea. Una vez hecho esto, se escogen aleatoriamente 10 borregos, se trillan y se pesa el grano, se determina el contenido de humedad y se registra la información complementaria de rendimiento esperado, el obtenido el ciclo anterior, precio de venta esperado y el precio de venta del ciclo anterior.

#### **Segunda metodología para la estimación de rendimiento**

De acuerdo con la metodología propuesta por Valdivia (2012), es posible determinar la población inicial y final de plantas mediante la densidad poblacional, poblaciones de insectos, plantas enfermas, plantas acamadas, cortadas y otros.

#### *Densidad de plantación y tamaño de los sitios de muestreo*

1. Determinar la distancia entre surcos  
En la parcela se ubican cinco sitios y con una cinta métrica se determina la distancia entre surcos (en pulgadas) luego se

calcula el promedio de los cinco sitios. Generalmente, se localiza un sitio en cada extremo de la parcela y uno en el centro.

Ejemplo:

|                  |            |
|------------------|------------|
| 57 cm            | 22.44 pulg |
| 60 cm            | 23.62 pulg |
| 50 cm            | 19.69 pulg |
| 52 cm            | 20.47 pulg |
| 48 cm            | 18.90 pulg |
| Media 21.02 pulg |            |

2. Longitud de surco a muestrear.

Para determinar la longitud del surco a muestrear, se divide la constante 2,178 entre la distancia entre surcos en pulgadas. Para el ejemplo que se está utilizando sería dividir 2,178 entre 21.02 pulgadas, esto da como resultado una longitud de surco de 103.6 pulgadas (263.18 centímetros).

3. Número de plantas por muestreo.

En la parcela se ubican cinco sitios al azar y bien distribuidos, con la cinta métrica se mide la longitud del surco, en este caso 103.62 pulgadas (263.18 centímetros), se hace un conteo del número de plantas totales que tengan al menos una vaina en cada sitio para luego obtener el promedio.

Ejemplo:

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Muestreo 1:        | 34 plantas |
| Muestreo 2:        | 36 plantas |
| Muestreo 3:        | 30 plantas |
| Muestreo 4:        | 28 plantas |
| Muestreo 5:        | 26 plantas |
| Media 30.8 plantas |            |

4. Número de plantas por manzana.

Para determinar el número de plantas por manzana se multiplica el promedio del número de plantas por la constante 5 mil. En este caso sería multiplicar 30.8 plantas  $\times$  5 mil y obtenemos 154 mil plantas por manzana.

*Determinar los componentes del rendimiento*

1. Vainas por planta.

Se toman cinco sitios al azar en la parcela; en cada sitio se seleccionan cinco plantas al azar y se cuenta el número de vainas por planta (vainas que tengan al menos un grano bien formado). Con la información de las 25 plantas se obtiene el promedio.

Ejemplo:

|                               |    |    |    |    |
|-------------------------------|----|----|----|----|
| 10                            | 8  | 6  | 7  | 9  |
| 8                             | 12 | 8  | 12 | 8  |
| 12                            | 7  | 10 | 10 | 12 |
| 9                             | 12 | 11 | 12 | 10 |
| 10                            | 11 | 9  | 7  | 9  |
| Media: 9.56 vainas por planta |    |    |    |    |

2. Peso de 100 semillas.

Generalmente, de las variedades de frijol que se siembran en la región centro-norte de México, el peso de 100 semillas está en un rango de 28 y 38 gramos; y para el caso de las variedades de grano pequeño tipo Negro Jamapa, los valores de esta característica van de 18 a 28 gramos. Para el ejemplo se puede tomar el dato de 33 gramos de peso de la variedad Pinto Villa (véase cuadro 1).

CUADRO 1  
 PESO APROXIMADO DE 100 SEMILLAS PARA  
 VARIEDADES COMERCIALES DE MÉXICO

| <i>Nombre de la variedad</i> | <i>Tamaño del grano</i> | <i>Peso de semillas (g)</i> |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Pinto Saltillo               | Mediano                 | 30                          |
| Pinto Durango                | Mediano                 | 36                          |
| Pinto Mestizo                | Mediano                 | 35                          |
| Pinto Villa                  | Mediano                 | 33                          |
| Pinto Bayacora               | Mediano                 | 37                          |
| Pinto Centauro               | Mediano                 | 34                          |
| Pinto Bravo                  | Mediano                 | 36                          |
| Pinto Centenario             | Mediano                 | 35                          |
| Pinto Coloso                 | Mediano                 | 38                          |
| Flor de Mayo Sol             | Pequeño                 | 28                          |
| Flor de Mayo Anita           | Pequeño                 | 28                          |
| Flor de Mayo Dolores         | Mediano                 | 30                          |
| Flor de Mayo Eugenia         | Mediano                 | 34                          |
| Flor de Junio Marcela        | Mediano                 | 32                          |

Fuente: Osuna *et al.*, 2011.

### 3. Factor de eficiencia de manejo.

El factor o coeficiente de manejo es un valor que oscila entre 0.1 y 1, generalmente, en la producción de frijol éste puede variar entre 0.6 a 0.8, en el ejemplo se utilizará 0.7. El coeficiente está determinado por el manejo de la parcela, aquellas que reciben un buen manejo del cultivo (manejo de la nutrición, plagas, enfermedades, malezas y riego) generan un valor más alto que aquellos lotes que presentan limitantes en cualquiera de los factores mencionados anteriormente.

Cálculos para la estimación de rendimiento

Una vez que se tienen todos los elementos anteriores, se calcula el rendimiento con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\frac{\text{Plantas}}{\text{Manzana}} \times \frac{\text{Vainas}}{\text{Planta}} \times \frac{\text{Semilla}}{\text{Vainilla}} \times \text{peso de 100 semillas}}{100} \times \text{factor de manejo}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\frac{154,000 \text{ Plantas}}{\text{Manzana}} \times 9.56 \frac{\text{Vainas}}{\text{Planta}} \times 4.92 \frac{\text{Semilla}}{\text{Vainilla}} \times 33 \text{ g}}{100} \times 0.7 = 1'673,230.205 \text{ g}$$

Se divide entre 454 para hacer la conversión de gramos a libras  
 $1'673,230.20 \text{ g} / 454 = 3,685.52 \text{ lb}$

Luego se divide entre 100 para convertir a quintales

$$3,685.52 \text{ lb} / 100 = 36.85 \text{ qq}$$

Al final se obtiene 36.85 qq por manzana.

## Anexos

## ANEXO 1

## Estimación de rendimientos en frijol

Fecha de la estimación

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| _____ | _____ | _____ |
| Día   | Mes   | Año   |

Tipo de estimación

Planta en pie ( )

Borrego ( )

**Información general**

Nombre del productor: \_\_\_\_\_

Clave del productor:

|   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| P | 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|

Nombre del asesor técnico: \_\_\_\_\_

**Datos topológicos de la parcela**

a) Arreglo topológico      Doble hilera ( )      Hilera ( )      Mateado ( )

b) Número de Surcos o Hileras:      c) Distancia surcos o hileras (m)

d) Ancho de la parcela (m)      e) Longitud media de la parcela (m)

f) Superficie de la parcela (ha)      g) Densidad de siembra (kg ha<sup>-1</sup>)

h) Altura de la planta (m)

## Estimación de rendimiento en planta en pie

**Determinación de la población de plantas por hectárea:**

| Determinaciones en 20 m               | Transecto 1 | Transecto 2 | Transecto 3 |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Número de plantas                     |             |             |             |
| Distancia entre plantas               |             |             |             |
| Población (plantas ha <sup>-1</sup> ) |             |             |             |

**Vainas por planta**

| Determinaciones                  | Planta |   |   |
|----------------------------------|--------|---|---|
|                                  | 1      | 2 | 3 |
| Número de vainas por planta      |        |   |   |
| Número de granos en cinco vainas |        |   |   |

**Peso del grano**

|  |  |
|--|--|
| Determinaciones                          |  |
| Peso del grano de 20 plantas (en gramos) |  |
| Contenido de humedad del grano (%)       |  |
| Rendimiento esperado ( $t\ ha^{-1}$ )    |  |
| Precio de venta esperado ( $\$ t^{-1}$ ) |  |

Observaciones \_\_\_\_\_

**Estimación de rendimiento en borregos**

| Determinaciones                          | Transecto 1 | Transecto 2 | Transecto 3 |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Número de hileras de borregos            |             |             |             |
| Distancia entre líneas de borregos (m)   |             |             |             |
| Número de borregos $ha^{-1}$             |             |             |             |
| Peso de grano de 10 borregos (kg)        |             |             |             |
| Contenido de humedad del grano (%)       |             |             |             |
| Rendimiento esperado ( $t\ ha^{-1}$ )    |             |             |             |
| Precio de venta esperado ( $\$ t^{-1}$ ) |             |             |             |

Observaciones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Fuentes consultadas

- ACOSTA G., J.A., R. Rosales S., R. Navarrete M. y E. López S. (2000), “Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para condiciones de riego y temporal en México”, en *Agricultura Técnica*, núm. 26, pp. 79-98.
- ESCALANTE E., J.A. y J. Kohashi S. (1993), *Biomass and Seed Yield of Phaseolus Vulgaris L. and their Response to Nitrogen and Population Density*, Ann. Rep. Bean Improv. Crop., núm. 36, pp. 103-104.
- MAYEK P., N., R. García E., C. López C. y J.A. Acosta G. (1999), “Caracterización *in vitro* de aislamientos mexicanos de *Macrophomina phaseolina*”, en *Revista Mexicana de Fitopatología*, núm. 17, pp. 83-90.
- OSUNA C., E.S., J.A. Acosta G., L. Reyes M., M.A. Martínez G., J.S. Padilla R., E. Ventura R., E. González G., M.A. Cortés Ch., F. Garibaldi M. e I. Hernández R. (2011), “Tecnología para incrementar la producción de frijol de temporal en el Altiplano Semiárido de México”, Folleto para productores, núm. 44, Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), pp. 5-10.
- Promaf (Proyecto Estratégico de Apoyo a la Cadena Productiva de los Productores de Maíz y Frijol) (2008), *Procedimiento para la estimación de rendimiento para el cultivo de frijol*, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, pp. 29-31.
- Secretaría de Economía (2012), *Análisis de la cadena de valor del frijol*, México, pp. 4-9.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2009), *Estadística del frijol en México*.
- SINGH S., P. (1996), “Selection for Water Stress Tolerance in Interracial Populations of Common Bean”, *Crop Science*, núm. 35, pp. 118-124.

- SOLÓRZANO V., E. (2007), *Guías fenológicas para cultivos básicos*, México, Trillas, 95 pp.
- VALDIVIA L., R.R. (2012), *¿Cómo determinar el rendimiento de frijol en producción de semilla a nivel artesanal?*, Proyecto A4N Nicaragua, Catholic Relief Services (CRS), Howard G. Buffett Foundation, 4 pp.
- ZIMMERMAN U., F.C. Meinzer, R. Benkert *et al.* (1994), "Xylem Water Transport: Is the Available Evidence Consistent with the Cohesion Theory", *Plant Cell and Environment*, núm. 17, pp. 1169-1181.

# Estimación de cosecha de árboles frutales

María Guadalupe Arroyo-Pozos,\* José Inocencio Guerrero-Salinas,\*\*  
Ramón Núñez-Tovar,\*\*\* Gladis Feliciano-Gregorio\*\*\*\*

## Introducción

México es una de las grandes potencias productoras de frutales en el mundo. Durante 2010, la producción de estos cultivos se llevó a cabo en 7 por ciento de la superficie cultivable nacional: aguacate, limón, naranja, mango y plátano representaron dos terceras partes de la producción nacional. De 1994 a 2010, las exportaciones de frutas crecieron 11.3 por ciento en promedio anual. En 2010, de los 17.2 millones de toneladas de producción de frutas que se obtuvieron, 2.6 millones se destinaron al mercado de exportación de fruta en fresco, con un valor superior a los 2,567 millones de dólares (Sagarpa, 2012). Aunado a lo anterior, los frutales constituyen un renglón de relevancia dentro del sector agrícola del país, su explotación presenta extraordinarias perspectivas, sin embargo, demanda una inversión de capital elevada para el establecimiento de nuevos huertos y su posterior mantenimiento, en comparación con otros rubros agrícolas.

\* CIESTAAM-UACH. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, Universidad Autónoma Chapingo.

\*\* CRUAN-UACH. Centro Regional Universitario del Anáhuac, Universidad Autónoma Chapingo.

\*\*\* Colpos-Campus Puebla. Colegio de Postgraduados.

\*\*\*\* Departamento de Fitotecnia-UACH. Universidad Autónoma Chapingo.

Las elevadas inversiones que deben realizarse para el establecimiento de un huerto, así como los altos costos de producción, hacen poco atractivo, a primera vista, este tipo de cultivos. Esta situación hace cada vez más necesaria la existencia de parámetros cuantitativos que permitan establecer una adecuada planificación en el tiempo de los huertos frutícolas (Avilán, 1993).

El conocimiento de los rendimientos expresados en kilogramos y/o número de frutos por planta, por unidad de superficie cultivada ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) o cualquier otro parámetro cuantitativo, constituye información básica esencial para el fruticultor, ya que junto con los índices de naturaleza económica (valor del producto, costo de producción, entre otros) le permiten realizar evaluaciones financieras de un periodo determinado o su proyección a través del tiempo que dure o se estime su explotación (Avilán, 1993).

En el presente trabajo se describe una metodología que permite evaluar la eficiencia productiva de una planta y, por ende, estimar en el tiempo, entre otros aspectos, la producción por unidad de superficie.

### **Índice de fructificación: frutales perennes**

Aubert (1975) señala que la fruticultura moderna está orientada, cada vez más, hacia soluciones tendentes a favorecer la precocidad de fructificación, para asegurar un retorno más rápido de los capitales invertidos y, por otra parte, mecanizar todas las prácticas del cultivo. Este autor define la precocidad de fructificación como la relación existente entre el crecimiento de los árboles y la cosecha.

En la mayoría de las especies de frutales tropicales, las flores se forman en el meristemo apical, en el extremo de los brotes o en las axilas de las hojas de los brotes del año, o de los brotes formados por el periodo anterior de crecimiento. Esto hace que

la producción de frutos esté situada al nivel de la superficie exterior de la copa de los árboles (Aubert, 1975).

De acuerdo con los hábitos generales de crecimiento, floración y localización de los frutos en las especies frutícolas perennes, es posible asociar la forma de la copa de los árboles a figuras geométricas, lo cual permite calcular o estimar la superficie de producción que existe en cada planta, y por ende, por unidad de superficie de producción (Avilán, 1980).

La superficie lateral o cara exterior de la figura geométrica, que en particular se asume para una especie determinada permite establecer una relación entre la superficie antes citada y el número de frutos contenidos en la misma. Esta relación define la eficiencia productiva o reproductiva de una planta en cualquier momento a lo largo de su vida (en general) o dentro de un ciclo o año de producción (en particular). Esta relación se denomina “Índice de fructificación” (Avilán, 1980).

### **Procedimiento para la estimación de cosecha en árboles frutales**

Los criterios que se ofrecen en este apartado fueron tomados del manual *Dirección de moscas de la fruta* de Senasica y Sagarpa (2010), el cual señala que para realizar el muestreo en campo se debe hacer lo siguiente:

- a) Si en la huerta hay áreas diferentes, por ejemplo, por edad de los árboles o niveles de producción, se seleccionará el número de árboles en fracciones considerando cada sección como una huerta diferente.
- b) Si se selecciona al azar un árbol excesivamente cargado o sin producción, no se muestrea, se cuantificarán los dos árboles vecinos y se obtiene el promedio.
- c) Cuando en la huerta existan de 100 a 400 árboles, se podrá emplear el número menor de árboles a muestrear (15 por ciento de muestreo).

- d) Una vez que se conozca el número de árboles a muestrear, se deberá cuantificar el número de frutos por árbol.
- e) Después de cuantificar los frutos por árbol se obtendrá un promedio del número de frutos de todos los árboles muestreados.

### *Cálculos para la estimación de cosecha*

Para calcular el volumen estimado de fruta que produce un huerto se recomienda utilizar la siguiente metodología (Norma Mexicana de Michoacán, A.C., 2004):

1. Para calcular el tamaño de muestra.

Se realizará cuando haya por lo menos el 75 por ciento de amarre de fruta en el huerto candidato. La cantidad de árboles a muestrear se calculará con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{Nd^2 + 1}$$

Donde:

n= número de árboles a muestrear.

N= número total de árboles por huerta (superficie).

d= 0.1, presión del estimador (población real).

2. Se obtendrá la producción estimada en toneladas con la fórmula anterior, tomando en cuenta los cinco pasos mencionados en la metodología de muestreo.

Para simplificar el trabajo, en huertas donde los árboles estén a 10 metros (a menor distancia se selecciona el número total de árboles que tenga la huerta), ya sea a tresbolillo o marco real, se muestreará como se indica en el siguiente cuadro.

CUADRO 1  
DATOS PARA MUESTREAR HUERTOS FRUTÍCOLAS

| <i>Número de hectáreas</i> | <i>Número de árboles</i> | <i>n = número de árboles a muestrear</i> |
|----------------------------|--------------------------|--|
| 1                          | 100                      | 15-50                                    |
| 2                          | 200                      | 32-66                                    |
| 3                          | 300                      | 45-75                                    |
| 4                          | 400                      | 76-80                                    |
| 5                          | 500                      | 83                                       |
| 6                          | 600                      | 85                                       |
| 7                          | 700                      | 88                                       |
| 8                          | 800                      | 89                                       |
| 9                          | 900                      | 90                                       |
| 10                         | 1,000                    | 91                                       |
| 11-12                      | 1,100-1,200              | 92                                       |
| 13-14                      | 1,300-1,400              | 93                                       |
| 15-7                       | 1,500-1,700              | 94                                       |
| 18-1                       | 1,800-2,100              | 95                                       |
| 22-27                      | 2,200-2,700              | 96                                       |
| 28-38                      | 2,800-3,800              | 97                                       |
| 39-71                      | 3,900-7,100              | 98                                       |
| 72-175                     | 7,200-17,500             | 99                                       |
| 180-250                    | 18,000-25,000            | 100                                      |

Fuente: Senasica y Sagarpa, 2010.

### Ciclo de vida productivo

La producción de los árboles frutales varía con la edad de los mismos, y por ello es vital el conocimiento del ciclo de vida productivo de cada especie en particular, así como otros factores de orden biológico que inciden sobre el proceso productivo de la planta, entre los cuales podemos señalar la vecería (se refiere a las plantas que en un año dan mucho fruto y, poco o ninguno en otro) o alternancia en la producción, hecho de común ocurrencia en varios frutales (Avilán, 1993).

*Mango (Mangifera indica, L.)*

Avilán, Figueroa y Laborem (1981) establecieron que el ciclo de vida productivo de la planta presenta tres períodos muy definidos después de ser plantadas en el campo:

1. Período de crecimiento: entre los dos y ocho años de edad, caracterizado por un elevado incremento de la superficie lateral (copa de los árboles) y de los rendimientos.
2. Período de plena producción: entre los ocho y 15 años de edad donde el árbol expresa su máxima capacidad de producción.
3. Período de producción decreciente: a partir de los 18 a 20 años de edad de la planta, donde el crecimiento de la copa de los árboles no está acompañado de un incremento proporcional de la producción.

El uso de calificativos-cualitativos, generalmente empleados para definir la capacidad productiva de una variedad, debe ser sustituido por valores cuantitativos, no sujetos a interpretaciones subjetivas. El índice de fructificación constituye una alternativa viable. Avilán *et al.* (1981) clasificaron algunas variedades de mango de acuerdo con el índice de fructificación, empleando como valores referenciales los obtenidos en la variedad Haden, generalmente considerada como una de las más rendidoras (véase cuadro 2).

CUADRO 2

CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE FRUCTIFICACIÓN DE ACUERDO CON LA EDAD DE LA PLANTA Y EL NIVEL DE EFICIENCIA PARA LAS DIFERENTES VARIEDADES DE MANGO

| Período (I) | Edad (años) | Índice de fructificación |               |                  |
|-------------|-------------|--------------------------|---------------|------------------|
|             |             | Alto (mayor que)         | Medio (entre) | Bajo (menor que) |
| I           | 2 a 8       | 5                        | 5 y 3         | 3                |
| II          | 10 a 16     | 6                        | 6 y 4         | 4                |
| III         | + de 18     | 4                        | 3 y 2         | 2                |

Nota (1): I crecimiento, II plena producción, III producción decreciente.  
Fuente: Avilán *et al.*, 1981.

### Principales limitantes de la producción de mango

Las principales partes de la planta (tronco, rama, hoja, peciolo, flor y frutos) son atacadas por hongos que afectan el rendimiento del cultivo: antracnosis, causado por *Colletotrichum gloeosporioides*; cenicilla, su agente causal es *Oidium mangiferae*; muerte descendente (*Lasiodiploida theobromae*); chancros del tronco y ramas (*L. theobromae*, *Phytophthora cinnamomi*); fumamina (*Meliola mangiferum*, *Capnodium mangiferae* y *Fumago* sp.); proliferación vegetativa y floral (García, 2012).

#### Ejercicio para la estimación de cosecha en mango

De acuerdo con los hábitos de crecimiento y la conformación de la copa de los árboles adultos o en plena producción, descrita para algunas especies frutícolas algunos investigadores, entre ellos Avilán (1993), asumieron las siguientes figuras geométricas. Con relación al mango, la copa es un “cilindro” que tiene como superficie de revolución  $\pi \cdot D \cdot h$ , donde “D” es igual a la media de los diámetros N.S. y E.O., y “h” es la altura de la planta. La copa útil del árbol contenido en un “cono truncado” (véase cuadro 3), al determinar la producción que está ubicada en el ápice de la

CUADRO 3  
FORMA DE LAS COPAS DE LOS ÁRBOLES  
Y FIGURAS GEOMÉTRICAS

| Cultivo | Forma de copa   | Figura geométrica | Superficie lateral |
|---------|-----------------|-------------------|--------------------|
| Mango   | Bola o huso (3) | Cono truncado     |                    |

Nota:  $\pi = 3,1416$ ; d = diámetro; h = altura; R = radio inferior; r = radio superior  
Fuente: Aubert y Lossois, 1972; Fersini, 1975.

planta es despreciable ya que cerca del 98 por ciento de la producción se ubica en la parte media de la copa del árbol. Al determinar la figura a emplear, se toman las mediciones requeridas en cada caso, entre otras: altura de la planta, diámetro o radio inferior de la copa, altura de la copa en relación con el nivel del suelo; se

agrupa la información recolectada con base en la edad de la planta, manejo del huerto, entre otros (véase cuadro 4).

CUADRO 4  
ALTURA Y RADIO INFERIOR DE ACUERDO  
CON LA EDAD DE PLANTACIÓN DE LA VARIEDAD HADEN

| <i>Años de edad</i> | <i>Altura planta (m)</i> | <i>Radio inferior (m)</i> | <i>Superficie lateral (m<sup>2</sup>)</i> | <i>Número de frutos cosechados (Número F)</i> | <i>Índice de fructificación (Número F/m<sup>2</sup>)</i> | <i>Periodo</i>         |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|---|--|------------------------|
| 2                   | 2.1                      | 0.8                       | 5.5                                       | 10  | 1.8  | Crecimiento            |
| 4                   | 3.9                      | 1.5                       | 20.3                                      | 140   | 6.8  |                        |
| 6                   | 5.0                      | 2.0                       | 33.8                                      | 200   | 5.9  |                        |
| 8                   | 6.6                      | 2.6                       | 59.8                                      | 460   | 7.6  |                        |
| 10                  | 8.3                      | 3.3                       | 93.0                                      | 970   | 10.4   |                        |
| 12                  | 9.1                      | 3.9                       | 122.0                                     | 820   | 6.7  | Plena producción       |
| 14                  | 11.6                     | 4.7                       | 183.3                                     | 610   | 3.3  |                        |
| 16                  | 13.3                     | 5.3                       | 240.1                                     | 1.34  | 5.5  |                        |
| 18                  | 9.9                      | 5.0                       | 168.8                                     | 820   | 4.8  |                        |
| 20                  | 11.0                     | 5.5                       | 208.0                                     | 1.21  | 5.8  |                        |
| 22                  | 12.1                     | 6.1                       | 252.0                                     | 790   | 3.1  | Producción decreciente |
| 24                  | 13.2                     | 6.6                       | 299.6                                     | 890   | 2.9  |                        |
| 26                  | 14.3                     | 7.2                       | 351.9                                     | 760   | 2.1  |                        |
| 28                  | 15.5                     | 5.0                       | 260.1                                     | 690   | 2.6  |                        |

Fuente: Avilán, 1993.

Para realizar este apartado se revisó literatura considerando cinco etapas:

1. Determinación de la superficie lateral de producción de la planta a ser muestreada. Toma de las observaciones (véase figura 1):
  - a) Altura de la planta.
  - b) Radio inferior de la copa del árbol.
  - c) Altura de la copa al nivel del suelo.

2. Asumiendo que la forma de la copa del árbol es semejante a la figura geométrica de un cono truncado (véase figura 1) se calcula la superficie lateral (SL) cuya fórmula es:

$$\text{Superficie lateral (SL)} = \pi(R+r) \sqrt{(R-r)^2+h^2}$$

Donde:

$\pi$ : es igual a 3.1416.

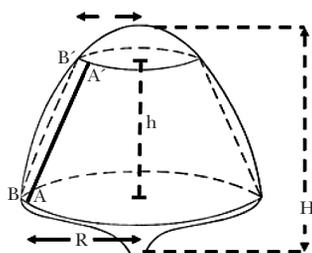
R: es el radio inferior de la copa.

r: es el radio superior de la copa.

h: altura de la planta.

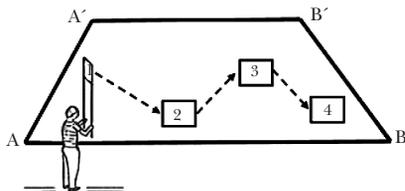
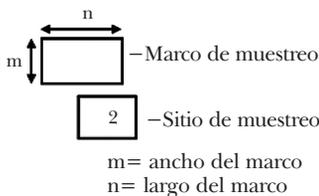
FIGURA 1

COPA ÚTIL DEL ÁRBOL PARA MUESTREAR



Superficie lateral =  $\pi \cdot (R+r) \cdot \sqrt{(R-r)^2+h^2}$   
 (Cono truncado)  
 R= Radio medio inferior de la copa  
 r= Radio medio superior de la copa  
 h= Altura del cono  
 H= Altura total de la planta

Superficie lateral (desplegada) marco de muestreo de dimensiones (m. n.) conocidas y toma de muestras



Fuente: Avilán y Mazzi, 1973.

3. Realización del muestreo o conteo de frutos de la superficie lateral, empleando para ello un marco de madera de dimensiones conocidas. El muestreo debe realizarse en la parte media de la copa de los árboles, localizándose los mismos en forma alterna, arriba y abajo, y cubriendo toda la superficie lateral de la planta muestreada (véase figura 1).  
En cada punto muestreado, contamos los frutos contenidos dentro del área delimitada por el marco de madera.
4. Realizado el conteo de los frutos, se toma un número representativo de ellos en tamaño, para determinar su peso.
5. Finalmente se efectúan los cálculos empleando para ello los valores promedios obtenidos en cada caso.

#### *Manzana (Mallus sylvestris Mill.)*

La vida productiva del manzano termina entre los 15 y 20 años de edad, partiendo de ello, se establecen los siguientes periodos de vida de la planta en la huerta (Infojardín, 2012):

- Juventud: de cero a tres años. El árbol no produce fruto, sólo madera y hojas.
- Entrada en producción: de dos a seis años empieza a dar fruto.
- Edad adulta: a partir de los seis años y termina a los 15. Hay un equilibrio entre fructificación y producción de madera.
- Vejez: inicia a los 15 o 20 años. Produce poca madera y poco fruto.

#### Factores que afectan el cultivo de manzana

Entre los factores que afectan el rendimiento del cultivo de manzana está la incidencia de las siguientes enfermedades: cenicilla polvorienta (*Podospharea leucotricha*), pudrición amarga (*Alomerella cingulata*), pudrición de la raíz (*Rosellinia necatrix*), roña de la manzana (*Venturia inaequalis*). Las plagas más frecuentes son: araña roja (*Bryobia praetiosa koch*), mayate de doce manchas (*diabrotica duodecimpunctata*), escamada de San José (*Quadraspidiotus perniciosus (Comstock)*), chinche de encaje (*Corythucha*

*unifasciata champ*), frailecillo (*Macroductylus* spp.), mosca de la manzana (*Cydia carpocapsa pomorella*), pulgones (*Aphis* spp.), pulgón larígero (*Eriosoma laringeram* (Hausman)), las que deberán combatirse al manifestarse en el cultivo, esto de manera preventiva y curativa. El riego es importante para el buen desarrollo del cultivo; el manzano lo requiere para alcanzar altos rendimientos y calidad de la fruta. Niveles de agua adecuados promueven mejor crecimiento vegetativo, particularmente en árboles jóvenes, lo que contribuye a un mejor crecimiento frutal (Zegbe y Serna, 2009).

Método de estimación de la cosecha de manzana

Con base en la metodología usada para la estimación de frutales de manera general se diseñó la metodología de este apartado.

Materiales

- Bolsas cosechadoras.
- Escaleras de doble banda.
- Cajas de plástico o de madera.
- Báscula.

Componentes de rendimiento

- Número de flores formadas. Variable que no influye al momento de estimar la cosecha porque, se supone, la estimación del rendimiento se lleva a cabo días antes de efectuarse la recolección.
- El número de frutos por árbol. Es un parámetro que debe estimarse cada año, pues su valor depende de las condiciones que caracterizan a la temporada.
- El tamaño del fruto medio. Éste se estima en el momento de realizar la estimación de cosecha.
- La cantidad de plantas reales de la huerta, o en la superficie, dependiendo de la densidad de plantación.

### Procedimiento

Para determinar el método de muestreo, es importante considerar que la plantación sea aproximadamente de la misma edad y que el establecimiento sea homogéneo (distancia entre árbol y árbol), de lo contrario, se seleccionará el número de árboles en fracciones considerando cada sección como una huerta diferente, así la estimación de la cosecha será lo más cercana posible a la realidad.

Para calcular el volumen estimado de la fruta que produce un huerto, se recomienda lo siguiente:

a) Cálculo del tamaño de muestra.

Se realizará cuando haya por lo menos 75 por ciento de amarre de fruta en el huerto elegido (Norma Mexicana de Michoacán, 2004). La cantidad de árboles a muestrear se calculará con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{Nd^2 + 1}$$

Donde:

n= número de árboles a muestrear.

N= número total de árboles por huerta (superficie).

d= 0.1, presión del estimador (población real).

En huertas donde entre árbol y árbol haya 10 metros de distancia (a menor distancia se selecciona el número total de árboles que tenga la huerta), ya sea a tresbolillo o marco real, la muestra se realizará como se indica a continuación:

- Si se selecciona al azar un árbol excesivamente cargado o sin producción, no se muestrea, se cuantificarán los dos árboles vecinos y se obtiene el promedio.

- Una vez que se conoce el número de árboles a muestrear, se deberá cuantificar el número de frutos por árbol.
- Después de cuantificar los frutos por árbol, se obtendrá un promedio del número de frutos de todos los árboles muestreados.
- Se pesan los frutos obtenidos en los sitios de muestreo.
- La cantidad real de plantas de la huerta o de la superficie se obtiene contando el número de árboles o contando el número de árboles en el sitio de muestreo y se extra-pola a la superficie total (Universidad Nacional del Comahue, 1972).

CUADRO 5  
NÚMERO DE ÁRBOLES A MUESTREAR  
SEGÚN EL NÚMERO DE ÁRBOLES  
EN LA HUERTA

| <i>Número de árboles</i> | <i>Número de árboles a muestrear</i> |
|--------------------------|--------------------------------------|
| 300                      | 45                                   |
| 400                      | 60                                   |
| 700                      | 88                                   |
| 800                      | 89                                   |
| 900                      | 90                                   |
| 1,000                    | 91                                   |

Fuente: Elaboración propia.

#### Cálculo de rendimiento

El rendimiento se estima de la siguiente manera:

$$\text{Producción por planta (kg planta}^{-1}\text{)} = \text{número de frutos por planta} \times \text{el peso de los frutos}$$

$$\text{Rendimiento} = \text{Producción por planta (kg)} \times \text{Densidad (número de plantas ha}^{-1}\text{)}$$

Ejercicio para la estimación de cosecha

Se tiene una huerta de una hectárea de superficie con manzana, con una densidad de población de 500 árboles establecidos a marco real.

Con la formula correspondiente se estima el número de árboles a muestrear:

$$n = \frac{N}{Nd^2+1} = \frac{500}{(500 \times 0.1^2)+1} = 83 \text{ árboles}$$

La producción por árbol es aproximadamente de 14 kg

El rendimiento =  $14 \times 500 = 7,000 \text{ kg ha}^{-1} = 7 \text{ t ha}^{-1}$

#### *Durazno (Prunus persica)*

La vida productiva del durazno se estima de 30 a 35 años, a partir de ello se establecen los siguientes periodos de vida de la planta en la huerta:

- Los primeros dos años se dedican a la formación de la estructura básica de los árboles, no se recomienda dejarles fruta.
- A partir del tercer año de vida, el huerto entra en su etapa productiva. La producción esperada en los primeros tres años de vida productiva varía según la variedad:

CUADRO 6  
PRODUCCIÓN ESPERADA DE DURAZNO  
EN TONELADAS POR HECTÁREA

| <i>Edad (años)</i> | <i>Número de frutos por árbol</i> | <i>Producción esperada<br/>300 a 1,000 árboles<br/>t ha<sup>-1</sup></i> |
|--------------------|-----------------------------------|--|
| 3                  | 50 a 150                          | 3 a 9  |
| 4                  | 200 a 400                         | 15 a 25  |
| 5                  | 600 a 800                         | 25 a 50  |

Fuente: Pérez, 1990.

- El periodo de máxima productividad del durazno se presenta a los 12 o 15 años.
- Si el huerto se maneja de forma adecuada, continúa produciendo alrededor de 15 a 20 años.

Limitantes para el desarrollo del cultivo de durazno

De acuerdo con Fernández, Pérez y Mondragón (2010), hay una serie de factores que condicionan el rendimiento de la fruta:

- a) Heladas y sequías. Los descensos de temperatura que se presentan al final del otoño, durante el invierno o principios de la primavera pueden ocasionar graves daños dependiendo de la variedad, vigor, edad, y época de floración o la estación en que se presente, su duración y qué tanto descienda la temperatura, también inciden factores climáticos como la humedad y el viento. Las bajas temperaturas suelen producir más daños si se presentan durante la época de floración.
- b) Escasez de agua en primavera. La falta de agua en el cultivo puede provocar una pérdida hasta de 50 por ciento de la producción, el efecto de dicha pérdida es mayor en huertas de temporal.
- c) Incidencia de animales (ardillas, conejos, pájaros, tuzas y ratones). Los árboles pueden sufrir un daño severo o no, depende de cuántos huéspedes presenten.
- d) Incidencia de plagas y enfermedades. Existe una gama importante de plagas y enfermedades en el cultivo del durazno que disminuyen el rendimiento y la calidad de la cosecha.

Principales plagas que atacan este cultivo: barrenadores de las ramitas y brotes tiernos (*Anarsia linéatela* Zeller) y (*Grapholitha molesta* Busk); barrenadores del tronco (*Synanthedon exitiosa* Say y *Scolytus regulosus* Ratzaburg); pulgones (*Mysus persica* Sulzer y *Brachycaudus persica* Passerini); chapulines, frailecillos y chinches (*Lygus* spp., *Letoglossus* spp. y *Thyanta* spp.); hormigas; ácaros; nematodos.

Principales enfermedades de la raíz: agalla de la corona, ocasionada por la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*; pudrición texana *Phymatotrichum omnivorum*; pudrición del cuello, ocasionada por diferentes especies de *Phytophthora*; pudrición de la raíz del encino ocasionada por *Armillaria mellea*.

Enfermedades de la parte aérea: gomosis (*Pseudomonas syringae*); cenicilla (*Sphaeroteca pannosa*) y momificación del fruto o pudrición café o morena (*Monilinia fructicola*).

Enfermedades más comunes: verrucosis (*Taphrina deformans*), presente en las regiones húmedas, frescas y sombrías; tiro de munición (*Coryneum beijerinckii*); roña o sarna (*Cladosporium carophilum*), el marchitamiento de las ramas ocasionado por el hongo *Verticillium dhaliae*; roya o chahuixtle (*Tranzschelia discolor*), y el cáncer de las ramas, ocasionado por los hongos *Cytospora* y *Ceratostyxis fimbriata*.

- e) Virus y micoplasmas. El virus más conocido es el sharka; también lo afectan los virus del arrosamiento y del mosaico, la enfermedad X, el durazno falso.

La selección del sitio de cultivo es un factor determinante para reducir riesgos climáticos, así como las tecnologías de producción, el uso de variedades adecuadas para las diferentes zonas y las fechas de floración y cosecha.

#### Estimación de cosecha

El estado de madurez de los frutos al tiempo de la cosecha es uno de los factores decisivos en su calidad y su periodo de conservación (Altube, Budde, Urquiza y Rivata, 2001). El inicio de la cosecha se decide, habitualmente, con base en la intensificación del color de cobertura (rojo, amarillo), y al viraje del color de fondo (verde a amarillo).

El durazno presenta un problema muy especial: si se cosecha maduro, se ablanda y deteriora con facilidad durante el transporte y posterior mercadeo; si se cosecha verde, el fruto puede perder

hasta 20 por ciento de su tamaño y peso, y nunca llegará a tomar el sabor y las características de la variedad. En realidad, determinar cuándo es el momento idóneo es un arte que se adquiere con la experiencia (Altube, 2001).

Para estimar la cantidad a cosechar en un huerto de durazno, se realiza lo siguiente:

- Se cuenta el número promedio de árboles en la huerta.
- Se descuentan los árboles que estén muy chicos o muy grandes.
- De acuerdo con la fórmula para estimar la cantidad de árboles en muestrear (véanse pp. 76 y 78) y a la densidad de población de la huerta, se determina el número de árboles a muestrear (véase cuadro 5).
- No se consideran los árboles que estén poco cargados o sobrecargados de fruta, se eligen los que visualmente tengan una carga promedio o similar, ya que los árboles con mucha carga compensarán a los que tengan poca fruta.
- Cortar los frutos de los árboles seleccionados y contarlos.
- Sacar el promedio de frutos de los árboles muestreados.
- Se distribuye al azar la fruta y se pesa.

#### Ejemplo de estimación de cosecha en durazno

Doña Mafalda tiene una huerta de aproximadamente 1.5 hectáreas de durazno, en la cual cultiva dos variedades (Oro de Tlaxcala y Atlax) en una superficie de una y 0.5 hectáreas, respectivamente. La densidad de población de su huerta es de 1,200 árboles en total, los cuales fueron establecidos en tresbolillo de manera homogénea.

Con los datos anteriores se desea estimar la cantidad a cosechar de durazno en la huerta; para ello, se realiza lo siguiente:

- Dado que en la parcela hay dos variedades, se consideran como parcelas diferentes para evitar sobreestimar la cantidad a cosechar:

## Parcela 1

- Variedad = Oro de Tlaxcala
- Superficie = una hectárea
- Densidad de población = 800 árboles
- Desarrollando la fórmula propuesta por la Norma Mexicana de Michoacán (2004):

$$n = \frac{N}{Nd^2 + 1} = \frac{800}{(800 \cdot 0.1^2) + 1} = 88 \text{ árboles}$$

Donde:

n= número de árboles a muestrear.

N= número total de árboles por huerta (superficie).

d= 0.1, presión del estimador (población real).

Estimación de cosecha:

- Número promedio de frutos por planta = 120
- Peso promedio de los frutos = 120 gr

$$\text{Proporción por planta (kg fruta/planta)} = \text{Número de frutos por planta} \times \text{el peso de los frutos}$$

$$\text{Proporción por planta (kg fruta/planta)} = 90 \text{ frutos por planta} \times 120 \text{ g} = 10,800 \text{ g} = 10.8 \text{ kg/planta}$$

$$\text{Rendimiento} = \text{Proporción por planta (kg)} \times \text{Densidad (Número de plantas ha}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Rendimiento} = 10.8 \text{ kg/planta} \times 800 \text{ ha}^{-1} = 8,640 \text{ kg/ha} = 8.64 \text{ t ha}^{-1}$$

## Parcela 2

- Variedad = Atlax
- Superficie = 0.5 ha
- Densidad de población = 400 árboles

De acuerdo con la Norma Mexicana de Michoacán (2004), cuando en la huerta existan de 100 a 400 árboles, se podrá

emplear el número menor de árboles a muestrear (15 por ciento de muestreo), por ello, en este ejemplo la muestra sería:

$$\text{Número de árboles a muestrear} = 400 \text{ árboles} \times 15 \% = 400 \times 0.15 = 60 \text{ árboles.}$$

Estimación de cosecha:

- Número promedio de frutos por planta = 200 frutos
- Peso promedio de los frutos = 100 gramos

$$\text{Proporción por planta (kg fruta/planta)} = \frac{\text{Número de frutos por planta} \times \text{el peso de los frutos}}{1000}$$

$$\text{Proporción por planta (kg fruta/planta)} = \frac{120 \text{ frutos por planta} \times 100 \text{ g}}{1000} = 12,000 \text{ g} = 12 \text{ kg/planta}$$

$$\text{Rendimiento} = \text{Proporción por planta (kg)} \times \text{Densidad (Número de plantas ha}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Rendimiento} = 12 \text{ kg/planta} \times 400 \text{ ha}^{-1} = 4,800 \text{ kg/ha} = 4.8 \text{ t } 0.5 \text{ ha}^{-1}$$

Rendimiento total de la parcela de doña Mafalda:

Huerta 1 variedad Oro de Tlaxcala = 8.64 t/ha

Huerta 2 variedad Atlax = 4.8 t / 0.5 ha

$$\text{Rendimiento total esperado} = \text{Huerta 1} + \text{Huerta 2} = 13.44 \text{ t} / 1.5 \text{ ha}$$

### Fuentes consultadas

- ALTUBE H., A., C. Budde O., M.G. Urquiza O. y R. Rivata S. (2001), "Determinación de los índices de cosecha de duraznos cvs", *Agricultura Técnica*, Flordaking y San Pedro, INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), año 61, núm. 2, pp. 16-33.
- AUBERT, B. (1975), "Possibilites de Production de Manges Greffes", *The Reunion Fruits*, año 30, núms. 7 y 8, pp. 447-479.
- \_\_\_\_\_ y P. Lossois (1972), "Consideraciones sobre la fenología de especies de arbustos de frutales", *Agronomía Tropical*, año 27, núm. 4, pp. 269-286.

- AVILÁN R., L. (1993), *Región Central. Estimación de los rendimientos en algunos frutales: aguacatero, mango y naranjo*, Costa Rica, 112 pp.
- (1980), “El índice de fructificación en frutales perennes”, *Agronomía Tropical*, año 30, núms. 1 y 6, pp. 147-157.
- , L. Figueroa M. y G. Laborem (1981), “Consideraciones acerca de los sistemas de plantación en mango”, *Fruits*, año 36, vol. 3, pp. 171-179.
- y L. Mazzi (1973), *Estimación de cosechas en frutales*, Macaray, Centro de Investigaciones Agronómicas, 15 p.
- FERNÁNDEZ M., M.R., S. Pérez G., C. Mondragón J. (2010), *Guía para cultivar duraznero en Tlaxcala*, INIFAP-Tlaxcala (Centro de Investigación Regional Centro), Folleto Técnico, núm. 41, pp. 425-219.
- FERSINI, A. (1975), *El cultivo del aguacate*, México, Editorial Diana, 132 pp.
- GARCÍA, L., E. (2012), *Tolerancia de cultivares de mango (Mangifera indica L.) a la proliferación vegetativa y floral (Fusarium spp.) en México*, tesis de maestría, Texcoco, Estado de México, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.
- Infojardin (2012), *Cultivo del manzano-Cultivo de la manzana*, disponible en <http://articulos.infojardin.com/Frutales/fichas/manzanas-manzana-2.htm>
- Norma Mexicana de Michoacán, A.C. (2004), *Metodología para la estimación de cosecha en mango* (documento interno), Uruapan, Michoacán, 5 pp.
- PÉREZ G., S. (1990), *Manual para cultivar el duraznero*, México, Limusa, 107 pp.
- Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2012), *México, gran comerciante y competidor exterior de frutas*, disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Boletin1-Frutas.aspx>
- Senasica (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria); Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2010),

*Dirección de Moscas de la fruta; Manual técnico para el establecimiento, certificación y seguimiento de huertos temporalmente libre de mosca de la fruta*, pp. 12-13.

Universidad Nacional del Comahue (1972), *Informe: Pronóstico de producción de peras y manzanas para las provincias de Río Negro y Neuquén*, Argentina, temporada 2011-2012, disponible en <http://ragrovalle.com.ar/press/wp-content/uploads/2012/01/Informe-2011-final2.pdf>

ZEGBE J., A. y A. Serna P. (2009), *El riego parcial de la raíz incrementa la productividad del agua en manzano en un ambiente semiárido*, Universidad Autónoma Chapingo, México, *Revista Chapingo*, Serie Horticultura, año 15, vol. 2, pp. 111-118.



# Estimación de cosecha de café

Salvador Díaz-Cárdenas,\*  Ciro Solabac-Cuacua,\*\*

Esteban Escamilla-Prado,\*\*  Victorino Morales-Ramos,\*\*

Eva Ameca-Castillo,\*\*\*  René Ávila-Nieto,\*\*\*  Gladis Castillo-Ponce\*\*\*\*

## Introducción

La cafeticultura destaca en México por su importancia sociocultural, económica y ambiental. De acuerdo con el registro del Padrón Nacional Cafetalero (PNC), el cultivo del café en México se desarrolla en 12 estados, 404 municipios, 4,572 comunidades, por 504,372 productores y en 688,717 hectáreas (Sagarpa, 2011).

A más de 200 años de la introducción del café en México, el desarrollo de la cafeticultura ha creado particularidades específicas a partir de las características propias de las 58 regiones donde se cultiva el aromático; es decir, se ha generado un paisaje cafetalero rural mexicano adaptado a los contrastes ambientales, socioculturales y tecnológicos intrínsecos de cada región, circunstancia que ha dado paso a los sistemas de cultivo.

Estos sistemas son el reflejo de estas condiciones ambientales entrelazadas con la percepción o visión que tienen las comunidades de su entorno sociocultural y las innovaciones externas impulsadas por la política cafetalera mexicana. La clasificación se basa en rasgos particulares fácilmente reconocibles, como el

\* CRUO-Cenidercafé, Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Oriente.

\*\* Colegio de Postgraduados Campus Veracruz.

\*\*\* Asociación Mexicana de la Cadena del Café (Amecafé).

\*\*\*\* Consultor independiente especialista en café.

uso o ausencia de la sombra, la composición de la misma, las variedades cultivadas y el manejo, entre otros indicadores. Así, en México se reconocen cinco formas diferentes de producir café: rusticano o de montaña, policultivo tradicional, policultivo comercial, especializado y a pleno sol (Escamilla y Díaz, 2002).

Este dinamismo de la cafeticultura nacional, aunado a los cambios que producen las fluctuaciones de precio en el mercado internacional, genera modificaciones constantes en el manejo de los sistemas de cultivo, por lo que se hace necesario realizar reconocimientos de la situación que guardan actualmente los cafetales, la cual deberá ser considerada como referencia en la toma de decisiones por parte del productor, y todas las instancias relacionadas con el sector.

Asimismo, las recurrentes crisis de precios provocan en las zonas cafetaleras un cambio constante de uso del suelo, esto con el tiempo, modifica una gran parte de las características agroecológicas de los cafetales, razón suficiente para realizar los diagnósticos de manera dinámica y oportuna.

El propósito de la estimación de cosecha es recabar información actual y verídica de la producción de café cereza en los predios cafetaleros para elaborar un pronóstico de la producción y, con ello, diseñar estrategias, tomar decisiones y poner en marcha acciones oportunas y pertinentes para mejorar la actividad cafetalera y, de este modo, disminuir los efectos negativos de las crisis recurrentes en este aromático.

El objetivo de esta publicación es proporcionar un procedimiento confiable para obtener información sobre el volumen de café cereza que se producirá en los predios cafetaleros, que permita la toma de decisiones en la actual y en las futuras cosechas.

## Antecedentes

*Importancia de la estimación de cosecha.* En el ámbito económico del sector cafetalero, la planificación es fundamental. Todos los agentes relacionados con el sector —productores, organizaciones, empresas comercializadoras, exportadores y las instituciones gu-

bernamentales de fomento y financiamiento—, requieren información, para planificar las cosechas, sobre la mano de obra, los recursos económicos y los insumos a utilizar; así como de los precios y las estrategias de comercialización.

El conocimiento de los rendimientos expresados en kilogramos y/o número de frutos por cafeto, por unidad de superficie cultivada ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), constituye información básica esencial para el productor y los agentes involucrados con el sector, ya que junto con los indicadores económicos —valor del producto, costos de producción, entre otros— le permite realizar evaluaciones financieras para un periodo determinado, o su proyección a través del tiempo que dure o se estime la vida productiva del cafetal.

Cuando se trata de los cultivos anuales, esta información es de más fácil acceso o determinación debido, entre otros aspectos, a las características de ciclo corto de vida de las plantas; no así para los cafetos, ya que la misma amerita algunas consideraciones especiales.

La producción de café es multifactorial, de ahí que sea vital el conocimiento de su ciclo productivo. La carga de frutos expresada en unidades por planta o por hectárea es un parámetro que debe estimarse cada año, pues su valor depende de las condiciones agroecológicas (factores ambientales, y de sistemas y manejo del cultivo) que caracterizan a la temporada. Ésta debe calcularse considerando los diversos factores que inciden en la producción: ambiente (clima, ubicación altitudinal del cafetal, precipitación, sequías, riesgo de heladas), sistema de cultivo (montaña, policultivos, especializados), variedades cultivadas (tradicionales, productivas, resistentes a roya) y su alternancia o vecería, condición productiva de los cafetos con base en el Diagnóstico de la Estructura Productiva (DEP) y la edad de los cafetos (Sagarpa, 2011).

Por ello, la necesidad de hacer cálculos aproximados de su cosecha debe considerar la intensidad de la floración, la fructificación, el estado fitosanitario en que se encuentran las plantaciones, o bien considerar las experiencias de muchos años con

base en los registros de la producción de los ciclos anteriores; sin embargo, el método más confiable para estimar la producción del café es la estimación directa en el campo haciendo recuentos de sus cafetos en etapa productiva (Promecafe, 1994). Debido a que los cafetos son plantas perennes que varían su producción año con año, para el pronóstico de la cosecha se considera el conteo del fruto ya presente en la planta en sus primeras fases de desarrollo, y se supone que no sufrirá trastornos hasta su maduración.

El objetivo de la estimación de cosecha es conocer con anticipación la producción en los predios cafetaleros, lo cual permite:

- Determinar las necesidades básicas de recursos económicos para el acopio del café cereza (corte, fletes y beneficiado húmedo).
- Prepararse con tiempo para conocer necesidades de mano de obra (cortadores, recolectores o pizcadores).
- Necesidad de canastos, sacos, latas y alimentación de los recolectores en el proceso del corte, entre otros.
- Preparar con tiempo las capacidades y condiciones del beneficio húmedo (despulpadoras, patios de secado, zarandas, secadoras, guardiolas, canales, disponibilidad de combustibles, etcétera).
- Solicitar crédito con tiempo.
- Hacer los contratos de comercialización con información más segura para cumplir con los compromisos.
- En los cafés diferenciados —orgánicos y de comercio justo—, es indispensable contar con las estimaciones de cosecha en forma oportuna.

### **Factores que afectan el rendimiento del cultivo de café**

El cafeto, como cualquier otra especie vegetal, recibe influencias de forma determinante del medioambiente, lo que se evidencia en su comportamiento. La planta requiere condiciones

ambientales y ecológicas adecuadas para poder manifestar su potencial genético en términos de su desarrollo, crecimiento y fructificación.

### *Factores ecológicos*

*Temperatura.* Es el componente más estrechamente relacionado con el crecimiento de la planta y la calidad (física del grano y sensorial de la bebida). Las bajas temperaturas propician un desarrollo lento y una maduración tardía de los frutos. Por otra parte, las temperaturas altas aceleran la senescencia de los frutos, disminuyen la fotosíntesis, reducen el crecimiento y la producción. Además, pueden causar anomalías en la flor y fructificación limitada, así como propiciar enfermedades y susceptibilidad a plagas, todo lo cual puede afectar la longevidad de la planta, su productividad, rendimiento y calidad (Pérez, Partida y Martínez, 2005).

*Precipitación.* El rango de lluvia para el cultivo de café es de 1,200 a 1,800 milímetros, para lograr una buena floración se necesitan un promedio de 20 milímetros durante ésta. El periodo seco es necesario para estimular el crecimiento de las raíces, el desarrollo de ramas laterales, hojas y la formación de capullos florales. Durante este periodo se detiene el crecimiento vegetativo y eso hace que las yemas se diferencien en florales en lugar de vegetativas. Aunque el cafeto muestra cierto grado de tolerancia a la sequía, un periodo seco prolongado disminuye la cosecha del año siguiente y puede ocasionar deficiencias nutricionales como resultado de una menor difusión de elementos en el suelo. Si este periodo seco coincide con el lapso de crecimiento acelerado del grano, puede aumentar el porcentaje de granos vanos y negros, lo que afecta el rendimiento y la calidad del café. La lluvia excesiva inhibe la diferenciación de las yemas florales, también puede ocasionar deficiencias de nitrógeno, por dilución del elemento, y reducción del crecimiento de la planta. El exceso de lluvia puede dar lugar a floraciones

múltiples e irregularidades en la cosecha y la caída del fruto (Monroig, 2010).

*Altitud.* Es un factor determinante de la calidad del café. El grano producido en zonas altas es de mayor tamaño y rendimiento, mejor calidad, más cuerpo, aroma y acidez que el de áreas bajas; sin embargo, el factor determinante de la calidad física del grano y sensorial de la bebida es la temperatura (Pérez *et al.*, 2005). La altitud incide en forma directa sobre la temperatura, de manera indirecta en la lluvia, e inversa con la iluminación. Es un factor imposible de modificar.

*Luminosidad.* Cuando la intensidad lumínica es alta, se da el cierre de estomas en las hojas del cafeto, para evitar una transpiración excesiva, esto trae como consecuencia una disminución en la elaboración de alimentos de la planta y, por ende, una baja en la producción. Una intensidad de luz baja y prolongada favorece la incidencia de plagas, lo que ocasiona problemas de maduración del grano (Monroig, 2010).

*Vientos.* Valores más altos provocan alta defoliación y caída de flores y frutos. Los vientos fuertes y frecuentes no son favorables para el desarrollo del cafeto, ya que su acción desecadora hace que se intensifique la transpiración. Esto causa una deshidratación en las hojas de la planta y su caída. Otro efecto causado por el viento en época de cosecha es, debido al roce continuo entre las ramas laterales donde se produce el café, el desprendimiento tanto de granos verdes como de granos maduros, lo que ocasiona pérdida de frutos.

*Humedad relativa.* Si la humedad relativa excede 85 por ciento, se afecta la calidad del café y se favorece la incidencia de enfermedades.

*Características de los suelos.* Textura, profundidad, pH, contenido de materia orgánica y la fertilidad están relacionados con la cantidad de frutos producida. Restricciones en estos aspectos se reflejarán también en la calidad del grano y la bebida (Rosas, Escamilla y Ruiz, 2008).

### *Factores agronómicos y tecnológicos*

*Sistemas de cultivo y composición de la sombra.* Las especies de árboles presentes en el cafetal y la distribución y densidad en el mismo, son elementos clave para identificar los sistemas de cultivo en México (Escamilla y Díaz, 2002). Estos sistemas están estrechamente asociados con la productividad de los cafetales. Niveles de baja productividad se asocian con cafetales de montaña y policultivos tradicionales; en contraste, los niveles de mayor productividad se relacionan con sistemas especializados y policultivos comerciales.

Las especies que se usan para dar sombra son clave para favorecer la productividad del café. El uso y manejo apropiado de esos árboles tiene por objeto evitar extremos que son perjudiciales; así por ejemplo, una sombra excesiva afecta o limita la producción en cambio, el exceso de sol acorta la vida productiva de la plantación y demanda un mayor empleo de insumos. Para el manejo de la sombra, los árboles deben podarse de manera que sus ramas no interfieran con el libre desarrollo del café. Esto se hace desde temprana edad: para darles forma de sombrilla, hay que levantar sus copas, ralea el follaje e inducir a la formación de ramas secundarias y terciarias. Se recomienda mantener una sombra variada en edad: los árboles deben ser jóvenes, de mediana edad y adultos. Los árboles viejos, enfermos y sin vigor deben eliminarse cada año y sustituirse gradualmente (Cortés, 2004).

*Varietades de café.* En México se cultivan dos especies de café, *Coffea arabica* (café arábigo) y *Coffea canephora* (café robusta). La primera es la de mayor distribución e importancia en México y es fundamental en la preparación de los cafés suaves; la robusta, que es la base para la preparación de los cafés solubles por su mayor contenido de cafeína, tiene menor participación (Zamarripa y Escamilla, 2002).

De la especie *C. arabica* se cultivan diversas variedades, que se clasifican como tradicionales de porte alto *Typica*, *Borbon*,

*Pluma Hidalgo* y *Maragos*; de porte bajo son las variedades *Caturra*, *Garnica* y *Catuaí*, y las resistentes a la roya son *Columbia*, *Oro Azteca* y *Costa Rica* 95. Las variedades tradicionales se consideran de menor productividad pero de muy alta calidad, la que es apreciada en los mercados de especialidad. En cambio, las variedades resistentes a la roya son de muy alta productividad, pero su calidad es inferior a la que presentan las variedades tradicionales.

Para la especie *C. canephora*, la variedad *robusta* es la que se cultiva en altitudes bajas y medias de Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca, ya que tolera el sol directo y soporta temperaturas más altas.

El uso de cafetos injertados, utilizando como portainjerto las plantas de robusta y como varetas las variedades comerciales de *C. arabica*, se ha difundido en algunas regiones cafetaleras de México, en especial en la región de Huatusco, Veracruz, en donde ha tenido un impacto importante en la tolerancia hacia los nematodos y el incremento de la productividad.

*Distanciamientos de cafetos.* La distancia de siembra del café debe establecerse con anterioridad a la de la sombra temporal o permanente y así evitar situaciones adversas en el futuro. Las distancias cortas tienen la ventaja de acomodar un mayor número de plantas lo que se traduce a corto plazo en altas producciones de café, se cubre más rápido el suelo ayudando a controlar los efectos de la erosión y el crecimiento de las arvenses. Por otra parte, tienen la desventaja de poner mayor presión a la fertilidad y disponibilidad de agua en el suelo, requieren manejo de tejido en una etapa más temprana, se sombrean en exceso y bajan la producción y acortan su vida útil.

*Sistemas de siembra de cafetos.* De los distintos sistemas de siembra de café, éstos son los cuatro más usados: hileras a favor de la pendiente, hileras en contra de la pendiente, curvas de nivel o contorno y tresbolillo. El sistema de hileras a favor de la pendiente tiene la desventaja de no proveer al suelo una pro-

tección adecuada contra la erosión, así como en las prácticas de cultivo y la recolección a mano. Con los sistemas al contorno, tresbolillo e hileras en contra de la pendiente, el suelo está mejor protegido de los efectos de la erosión. La recolección y las prácticas de cultivo son más llevaderas, ya que se camina en contra de la pendiente del terreno siguiendo las curvas de nivel. En estos sistemas, la distancia de siembra entre arbustos (que es la más corta) se establece en contra de la pendiente de manera que el sistema de raíces de los cafetos amarren el suelo y formen barreras que lo protejan.

#### *Momento recomendable para hacer la estimación de cosecha*

Se recomienda hacer el estimado de cosecha por lo menos en tres momentos diferentes: junio y julio, para visualizar el comportamiento de plagas y planificar la fertilización; agosto, permite conocer el aproximado de su cosecha y adquirir compromisos con organizaciones, empresas comercializadoras o créditos, y septiembre, para confirmar la cosecha actual y planificar el manejo del próximo ciclo de producción (Promecafé, 1994).

### **Metodología**

La presente guía tiene el propósito de facilitar el trabajo metodológico de los técnicos que tendrán bajo su responsabilidad el levantamiento de la información en campo.

#### *Materiales requeridos*

Contadores manuales, cámara fotográfica, pintura indeleble, hilo o cuerda, machete, cinta métrica no menor que tres metros, cintas de plástico de 5 centímetros de ancho, libreta de campo, lápiz, sacapuntas, calculadora portátil, tabla de apoyo, navaja o tijeras, sistema satelital de posicionamiento (GPS) y formatos.

### *Descripción del procedimiento*

#### a) Selección de predios.

La estimación de cosecha junto con el DEP, se realizarán tomando como unidad de muestreo el predio. Estos predios serán seleccionados del padrón cafetalero nacional, autorizado por la Amecafé, mediante un método estadístico propuesto. Una vez seleccionados los predios, se deberá contactar al productor, propietario del predio, para visitarlo y obtener la información general del productor y del predio (véase anexo 1).

La localización del propietario debe hacerse con la anticipación suficiente a la ejecución del trabajo de campo, para localizar, con su ayuda el predio seleccionado en la muestra; se indicarán los puntos de referencia y la forma de acceso al predio, así como la distancia y tiempo aproximado para llegar a él.

#### b) Información general complementaria.

En la presente guía se encuentran dos anexos de información complementaria, que el técnico debe llenar al momento de levantar el diagnóstico y la estimación de cosecha en el predio; de ser posible, debe apoyarse en la asistencia del productor dueño de la parcela o predio, o una persona que conozca bien el predio.

El anexo 1 contiene los datos generales del productor y del predio a evaluar.

Para el levantamiento de la información general del productor y del predio, los técnicos contarán con el apoyo y manejo de un equipo de precisión GPS, el cual enviará la información a un sistema informático.

En el anexo 2 se registra la información sobre las variedades presentes en el predio y sobre la principal floración para esta cosecha.

#### c) Determinación de la cantidad de sitios de muestreo para realizar la estimación de cosecha y el diagnóstico de la estructura productiva (DEP).

Para definir el número de sitios o puntos de muestreo, se toma en cuenta el tamaño actual del predio (superficie total en hectárea, correspondiente a las respuestas de las preguntas 13 y 17 del anexo 2), y el número estimado de plantas con base al arreglo topológico. En el cuadro 1 se estratifica la superficie y el número de sitios a muestrear en los predios seleccionados.

CUADRO 1  
NÚMERO DE SITIOS DE MUESTREO SEGÚN  
EL TAMAÑO DEL PREDIO

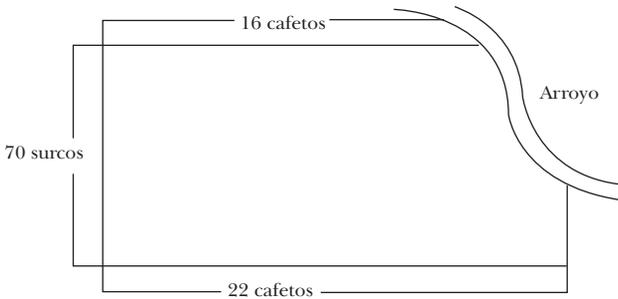
| <i>Tamaño del predio</i>                 | <i>Número estimado de plantas promedio</i> | <i>Número promedio de plantas a muestrear</i> | <i>Número de sitios de muestreo</i> |
|--|--|---|-------------------------------------|
| Hasta 0.25 ha<br>(2,500 m <sup>2</sup> ) | 625  | 25  | 1                                   |
| 0.26 a 1.0 ha                            | 1,850                                      | 56  | 2                                   |
| 1.1 a 1.5 ha                             | 2,850                                      | 86  | 3                                   |
| 1.6 a 2.0 ha                             | 3,850                                      | 116   | 4                                   |
| 2.1 a 3.0 ha                             | 6,100                                      | 183   | 6                                   |
| 3.1 a 4.0 ha                             | 8,350                                      | 250   | 8                                   |
| 4.1 a 5.0 ha                             | 10,600                                     | 318   | 10                                  |
| 5.1 a 6.0 ha                             | 12,850                                     | 385   | 12                                  |
| 6.1 a 7.0 ha                             | 15,100                                     | 453   | 14                                  |
| 7.1 a 8.0 ha                             | 17,350                                     | 520   | 16                                  |
| 8.1 a 9.0 ha                             | 19,600                                     | 588   | 18                                  |
| 9.1 a 10 ha                              | 21,850                                     | 655   | 20                                  |
| 10.1 a 11 ha                             | 24,100                                     | 723   | 22                                  |
| 11.1 a 12 ha                             | 26,350                                     | 790   | 24                                  |
| 12.1 a 13 ha                             | 28,600                                     | 858   | 26                                  |
| 13.1 a 14 ha                             | 30,850                                     | 925   | 28                                  |
| <15 ha                                   | 33,100                                     | 993   | 30                                  |

Fuente: Elaboración propia.

#### d) Localización de los sitios de muestreo.

*Localización de hileras o surcos.* En el lado más largo del predio seleccionado se enumeran las hileras o surcos; el número de hileras se divide entre el número de sitios a muestrear. Se obtiene un cociente que se redondea a la unidad (véase figura 1).

FIGURA 1  
LOCALIZACIÓN DE SURCOS O HILERAS



Fuente: Elaboración propia.

Se toma al azar un número comprendido entre uno y el cociente obtenido. Dicho número servirá para identificar el surco donde se localizará el primer sitio. Los sitios sucesivos se determinarán sumando el número del surco anterior al cociente obtenido.

#### Ejemplo 1:

Don Chenko tiene un predio con una superficie de 1.3 hectáreas, la cual está comprendida en el rango de 1.1 a 1.5 hectáreas (que aparece en el cuadro 1), y le corresponden tres sitios de muestreo:

Número de surcos

1.....70

Número de sitios: 3

$70 \div 3 = 23.3 = 23$

Tomar un número al azar entre 1 y 23

Número resultante: 5  $\rightarrow$  En este surco se hará el primer sitio de muestreo.

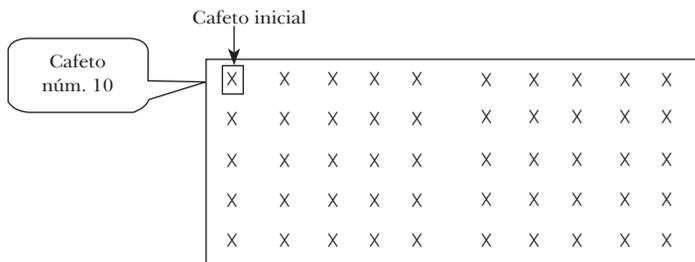
Segundo sitio de muestreo:  $5 + 23 = 28 \rightarrow$  Surco número 28

Tercer sitio de muestreo:  $28 + 23 = 51 \rightarrow$  Surco número 51

Posteriormente, se localizarán los cafetos donde se establecerá el sitio de muestreo.

*Localización de cafetos donde se establecerá el sitio de muestreo.*  
 En cada surco seleccionado se cuenta el número de cafetos sembrados. Para cada surco se toma un número al azar comprendido entre 1 y el total de cafetos de ese surco. Dicho número elegido corresponderá al cafeto inicial del sitio. A partir de este cafeto se procederá a marcar un cuadrante de 10 × 10 metros en dirección al número progresivo de surcos vecinos con señalamientos visibles, que puede ser cuerda, hilo, pintura, o estacas. También se puede apoyar en elementos naturales que existan en el lugar: una piedra, un árbol o arbusto, entre otros (véanse figuras 2 y 3).

FIGURA 2  
 SELECCIÓN DEL CAFETO INICIAL  
 DEL SITIO DE MUESTREO



Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo 2:

Surco número 5

Número de cafetos: 1.....22

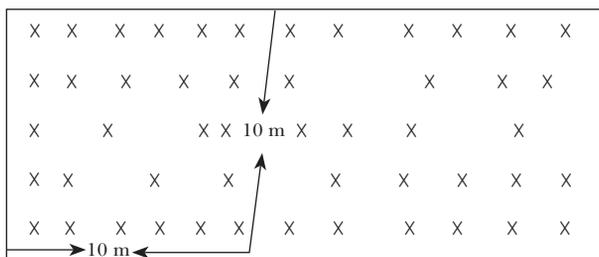
Tomar un número al azar entre 1 y 22

Número resultante: 10 → El cafeto 10 es en donde se iniciará el sitio de muestreo.

A partir de este cafeto se traza el cuadrante de 10 × 10 metros en sentido de la numeración progresiva de los surcos.

Así se ha integrado un cuadro, los cafetos de las esquinas se señalarán con pintura o cintas de plástico para delimitar el área en donde se levantará la estimación de cosecha.

FIGURA 3  
SELECCIÓN DEL CUADRANTE  
EN EL SITIO DE MUESTREO



Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se determinan los sitios de muestreo se procede a desarrollar tanto el diagnóstico de la estructura productiva de los cafetos como la estimación de cosecha.

#### e) Diagnóstico DEP.

La estructura de los cafetales se califica en cada sitio seleccionado con base en seis categorías establecidas por el Instituto Mexicano del Café (Inmecafé, 1990). Los datos se registran en la segunda columna del formato de campo para la estimación de cosecha (véase anexo 2).

Para el muestreo y la realización del DEP, la regla general es tomar todas las plantas que se encuentren dentro de este cuadrante, se tenga o no marco de plantación.

Las categorías productivas se describen a continuación en el cuadro 2.

CUADRO 2  
CATEGORÍAS ILUSTRADAS DE  
PRODUCTIVIDAD DE CAFETALES

| <i>Categorías</i> | <i>Características</i>  | <i>Fotografía</i>  |
|-------------------|---|--|
| I                 | <p>Cafetos normales: son plantas normales que se encuentran en etapa productiva, las cuales pueden sostener su producción con los cuidados habituales. Generalmente son cafetos jóvenes, menores a 10 años o bien han sido rejuvenecidos.</p>   |   |
| II                | <p>Cafetos que requieren poda: son plantas que presentan daños parciales, por lo que exigen para mejorar su producción, la corrección de los factores que están limitando su potencial productivo. Descomposición parcial en tallos y/o ramas.</p>  |   |
| III               | <p>Cafetos que requieren “re-cepta” (rejuvenecimiento): son plantas que se encuentran en mal estado en su parte aérea (tallos y ramas), hay presencia de hojas amarillas, defoliación, debido a agentes patógenos y/o plagas o presentan daños mecánicos. Esta categoría no presenta daños en el sistema radicular, por lo tanto para mejorar su producción deben recortarse o receparse.</p> |  |

CUADRO 2 (Continuación)

| Categorías | Características   | Fotografía  |
|------------|---|---|
| IV         | Cafetos que requieren renovación: son plantas que tienen malas condiciones en su parte aérea y el sistema radicular; por lo que requieren sustitución. Generalmente son cafetos viejos. |  |
| V          | Cafetos preproductivos: son plantas que fueron recepadas o renovadas, que aún no presentan producción de café cereza.   |  |
| VI         | Fallas físicas: son sitios en donde no existe la planta.  |  |

Fuente: Imágenes tomadas en campo.

Observaciones: con frecuencia se presentan eventos o situaciones especiales en las parcelas, por lo que cada evaluador deberá utilizar criterios con base en su conocimiento del cultivo.

f) Desarrollo de la estimación de cosecha en un predio.

Clasificación de los cafetos por categoría y localización de los cafetos donde se hará la estimación de la cosecha. De acuerdo con las categorías descritas en la figura 4 (columna 2 del anexo 3), la estimación de cosecha se hará sólo en los cafetos de las categorías I, II, III y IV, una planta por categoría: dentro

del sitio de  $10 \times 10$  metros se enumerarán progresivamente los cafetos por categoría y se tomará al azar un número del 1 al  $n$  de cada categoría, el número seleccionado será el cafeto del que se estimará la producción.

Para su mejor comprensión, continuamos con el ejemplo del predio de don Chencho.

Ejemplo 3:

Surco o hilera en donde se hará el primer sitio de muestreo: 5.

Cafeto en donde se iniciará el sitio de muestreo de  $10 \times 10$  metros: 10.

Comportamiento de cafetos por categoría en el sitio de muestreo:

| <i>Categoría</i> | <i>Número de cafetos</i> |
|------------------|--------------------------|
| I                | 8                        |
| II               | 5                        |
| III              | 4                        |
| IV               | 2                        |
| V                | 2                        |
| VI               | 1                        |
| <i>Total</i>     | 22                       |

Enumerar progresivamente los cafetos encontrados en el sitio o cuadrante por categoría, iniciando por la planta 1, siguiendo en el surco y luego en zigzag para la numeración de cafetos:

|                  |                  |                 |                  |
|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| I <sup>1</sup>   | III <sup>1</sup> | VI              | I <sup>2</sup>   |
| II <sup>1</sup>  | II <sup>2</sup>  | V               | I <sup>3</sup>   |
| III <sup>2</sup> | I <sup>4</sup>   | V               | II <sup>3</sup>  |
| I <sup>5</sup>   | I <sup>6</sup>   | II <sup>4</sup> | III <sup>3</sup> |
| III <sup>4</sup> | IV               | I <sup>7</sup>  | II <sup>5</sup>  |
| I <sup>8</sup>   | IV               |                 |                  |

De la categoría I, que tiene 8 cafetos, se toma al azar un número del 1 al 8, por ejemplo, 4; es decir, al cafeto número 4 de la categoría I será al que se cuantifique la estimación de la cosecha.

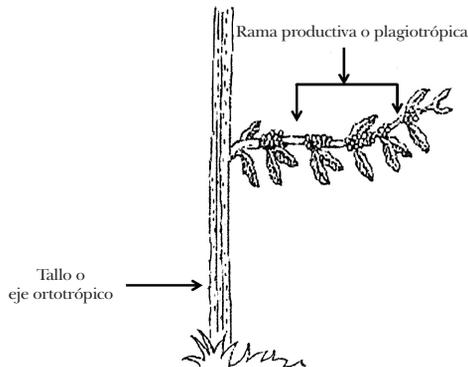
De la categoría III, que tiene 4 cafetos, se toma al azar un número del 1 al 4, por ejemplo, 3; es decir, al cafeto número 3 de la categoría III se le aplicará la estimación de la cosecha.

|                  |                  |                 |                  |
|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| I <sup>1</sup>   | III <sup>1</sup> | VI              | I <sup>2</sup>   |
| II <sup>1</sup>  | II <sup>2</sup>  | V               | I <sup>3</sup>   |
| III <sup>2</sup> | I <sup>4</sup>   | V               | II <sup>3</sup>  |
| I <sup>5</sup>   | I <sup>6</sup>   | II <sup>4</sup> | III <sup>3</sup> |
| III <sup>4</sup> | IV               | I <sup>7</sup>  | II <sup>5</sup>  |
| I <sup>8</sup>   | IV               |                 |                  |

Y así sucesivamente para cada una de las categorías productivas encontradas en el sitio, de tal manera que será una planta por categoría y sitio.

*Localización y cuenta de ramas.* A los cafetos seleccionados se les contarán las ramas primarias productoras o plagiotrópicas; dicha cuenta se iniciará en la parte inferior y en sentido de las manecillas del reloj. Si son varios los tallos o ejes ortotrópicos que componen el cafeto, éstos se enumerarán en igual sentido y las ramas se contarán progresivamente hasta terminar con el último tallo (véase figura 4).

FIGURA 4  
IDENTIFICACIÓN DE RAMAS PRODUCTIVAS Y TALLO



Fuente: Elaboración propia.

El número total de ramas productivas se dividirá entre 10 generando un número M. Se elige al azar un número W comprendido entre 1 y M. W es la primera rama productiva seleccionada; la segunda será  $W + M$ ; la tercera  $W + 2 M$ ; y así, las demás ramas restantes hasta terminar con el total de las ramas productivas, para que se entienda mejor, continuemos con el predio de don Chencho.

Ejemplo 4:

Cafeto número 10 con tres ejes ortotrópicos, de la categoría I.

Ejemplo 1: 37 ramas productivas o plagiotrópicas.

Ejemplo 2: 74 ramas productivas o plagiotrópicas.

Ejemplo 3: 8 ramas productivas o plagiotrópicas.

Total de ramas productivas o plagiotrópicas = 119

Obtención de ramas a muestrear:

$$119 \div 10 = 11.9 = 12$$

$$M = 12$$

$$1 \dots\dots\dots 12$$

$$W = 3 \text{ (rama elegida al azar).}$$

La primera rama es la número 3 (tomada al azar), seleccionada para cuantificarle las cerezas.

$$\text{La segunda rama } W + M = 3 + 12 = 15$$

La segunda rama es la rama número 15

$$\text{La tercera rama } W + 2 M = 3 + 2 (12) = 27$$

La tercera rama seleccionada es la rama número 27, y así sucesivamente hasta terminar con el total de ramas del cafeto 10.

Es decir, las ramas muestreadas en ese cafeto serán:

$$3$$

$$3 + 12 = 15$$

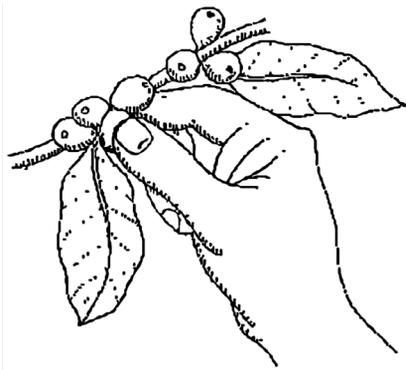
$$15 + 12 = 27$$

$$27 + 12 = 39$$

$39 + 12 = 51$  y así sucesivamente hasta muestrear la rama 111, que será la última de ese cafeto.

*Cuenta de cerezas.* En las ramas elegidas, incluyendo las ramificaciones que tengan, se contará la totalidad de cerezas (véase figura 5); es muy útil usar un contador manual. Los registros correspondientes se harán en el anexo 3.

FIGURA 5  
CONTEO DE CEREZAS  
DE LAS RAMAS PRODUCTIVAS



Fuente: Elaboración propia.

*Cálculo de la producción de café.* La estimación de la cosecha se hará por cafeto, categoría y sitio de muestreo, para lo cual se empleará el anexo 3.

Para mejor entendimiento, retomamos el ejemplo con el cafeto número 10:

CUADRO 3  
DATOS PARA LA ESTIMACIÓN  
DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ

Número de cafeto: 10

Total de ramas productivas o plagiotrópicas: 119

Total de ramas muestreadas: 10

| <i>Número de ramas muestreadas</i> | <i>Cerezas totales por rama</i> | <i>Cerezas</i>                                 |                                   | <i>Peso promedio</i>       |   |
|------------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------|---|
|                                    |                                 | <i>promedio por rama productiva muestreada</i> | <i>Cerezas totales por cafeto</i> | <i>por cereza (1.2 gr)</i> | <i>Peso por cafeto (kg) café cereza</i> |
| 3                                  | 31                              | 49.3   | 5,866.7                           | 7,040.04                   | 7.04                                    |
| 15                                 | 69                              | 49.3   |                                   |                            |   |
| 27                                 | 16                              | 49.3   |                                   |                            |   |
| 39                                 | 42                              | 49.3   |                                   |                            |   |
| 51                                 | 99                              | 49.3   |                                   |                            |   |
| 63                                 | 83                              | 49.3   |                                   |                            |   |
| 75                                 | 2                               | 49.3   |                                   |                            |   |
| 87                                 | 28                              | 49.3   |                                   |                            |   |
| 99                                 | 77                              | 49.3   |                                   |                            |   |
| 111                                | 46                              | 49.3   |                                   |                            |   |
| <i>Total</i>                       | <i>493</i>                      |  | <i>5,866.7</i>                    | <i>7,040.04</i>            | <i>7.04</i>                             |

Fuente: Elaboración propia.

Operaciones:

Cerezas totales de las 10 ramas muestreadas:  $493 / 10 = 49.3$   
cerezas promedio

Cerezas totales por cafeto:  $(49.3) \times (119) = 5\ 866.7$

Producción en gramos del cafeto =  $(5\ 866.7) \times (1.2) = 7\ 040.04$  gramos.

Producción en kilogramos del cafeto =  $7,040.04 / 1,000 = 7.04$  kilogramos.

## Anexos

## ANEXO 1

## Datos generales del productor y del predio

1. Nombre del técnico: \_\_\_\_\_ Fecha del levantamiento: \_\_\_\_\_ hora  
dd/mm/aaaa

Del productor

2. Nombre del productor: \_\_\_\_\_

Apellido paterno/materno/nombre (s)

2.1. Nombre del informante: \_\_\_\_\_ Parentesco \_\_\_\_\_

Apellido paterno/materno/nombre (s)

3. Folio del productor (FK): \_\_\_\_\_

4. CURP: \_\_\_\_\_

5. RFC: \_\_\_\_\_

6. Ubicación de residencia del productor:  Estado \_\_\_\_\_

Municipio \_\_\_\_\_

Localidad \_\_\_\_\_

7. Superficie total de tierra actual (ha): \_\_\_\_\_

8. Superficie total y actual cultivada con café (ha): \_\_\_\_\_

9. Número de predios actuales con café: \_\_\_\_\_

Del predio

10. Nombre del predio a muestrear: \_\_\_\_\_

11. Folio del predio (CK): \_\_\_\_\_

12. Superficie medida del predio a muestrear PNC: \_\_\_\_\_ ha

13. Superficie actual del predio a muestrear: \_\_\_\_\_ ha

14. Localización geográfica del predio (GPS) \_\_\_\_\_ LN: \_\_\_\_\_ LW

15. Altitud \_\_\_\_\_ msnm

16. Ubicación del predio:  Estado \_\_\_\_\_

Municipio \_\_\_\_\_

Localidad \_\_\_\_\_

17. Situación de la superficie utilizada con café en el predio. En forma de catálogo con las cuatro opciones:

a) Se mantiene con café todo el predio: ( )

b) Existe un cambio total del uso del suelo: ( )

c) Se utiliza sólo una parte de la superficie con café: ( )

Superficie que se mantiene con café (ha): \_\_\_\_\_

d) Parcela abandonada ( )

18. Tenencia de la tierra en forma de catálogo con las cuatro opciones:

Ejidal ( ) Pequeña propiedad ( ) Comunal ( ) Rentada ( )

19. Rendimiento en el predio evaluado cosecha 2010/2011: \_\_\_\_\_ qq/ha de café cereza.

20. Rendimiento estimado a obtener cosecha 2011/2012: \_\_\_\_\_ qq/ha de café cereza.

21. Tipo de café que predomina:  arábica  robusta

Observaciones:

## ANEXO 2

**Variedades y floración en el predio evaluado**

De las variedades en el predio

22. Mencione las principales variedades en el predio evaluado (ordenar por proporción de mayor a menor:

Criollo, Típica, Nacional ( ) Borbón ( ) Maragogype ( ) Pacamara ( ) Pluma Hidalgo ( ) Mundo Novo ( ) Garnica ( ) Caturra Rojo ( ) Caturra Amarillo ( ) Colombia ( ) Costa Rica ( ) Oro Azteca ( ) Catimores ( ) Otras ( ) especificar: \_\_\_\_\_

23. Edad de la variedad predominante: \_\_\_\_\_ años

\*24. Distancia promedio entre plantas: \_\_\_\_\_ metros, distancia promedio entre surcos \_\_\_\_\_ metros

*\*Estas distancias se toman en los sitios donde tocó realizar el muestreo dentro del predio*

De la floración en el predio

25. Número de floraciones en este año \_\_\_\_\_

26. Fecha de las floraciones: 1. \_\_\_\_\_ Intensidad de la floración (%): \_\_\_\_\_  
 2. \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_  
 5. \_\_\_\_\_

(Si anota dos floraciones, sólo se despliegan dos opciones de fecha e intensidad, y así con las demás opciones. En fecha de floraciones formato calendario, por semana de febrero a junio. En intensidad, se deberá anotar la estimación del porcentaje que aportó cada floración, respecto del total).

27. ¿Qué porcentaje de llenado de fruto habrá en esta cosecha respecto del total de la floración? (en forma de catálogo): de 0 a 25 por ciento ( ) de 26 a 50 por ciento ( ) de 51 a 75 por ciento ( ) de 76 a 100 por ciento ( )

28. En caso de seleccionar en la pregunta anterior cualquiera de las tres primeras opciones (de 0 a 75 por ciento), marcar la principal causa que no permitió el llenado del fruto: carencias nutricionales ( ), problemas de plagas y/o enfermedades ( ), heladas ( ), sequías ( ), vientos fuertes ( ), la edad de la planta ( ). Otro (especifique) \_\_\_\_\_

Observaciones (situaciones o características especiales que no estén consideradas en las preguntas):

ANEXO 3

**Datos generales del productor y del predio**

Productor: \_\_\_\_\_ Nombre del predio: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
 Número sitio: \_\_\_\_\_

Comunidad: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_ Número total de sitios a muestrear en el predio: \_\_\_\_\_

| Núm. de café | Categoría del café | Núm. de tallos productivos | Ramas productivas totales/café | Cerezas/rama productiva evaluada |    |     |   |   |   |   |   |   |    | Σ cerezas totales /10 ramas evaluadas | Σ cerezas totales/café | X de cerezas/rama*ramas productivas totales | kg/café |  |  |
|--------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----|-----|---|---|---|---|---|---|----|---------------------------------------|------------------------|---|---------|--|--|
|              |                    |                            |                                | 1                                | 2  | 3   | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |                                       |                        |   |         |  |  |
| 1            | I                  | 3                          | 180                            | 5                                | 10 | 120 |   |   |   |   |   |   |    |                                       |                        |   |         |  |  |
| 2            |                    |                            |                                |                                  |    |     |   |   |   |   |   |   |    |                                       |                        |   |         |  |  |
| 3            |                    |                            |                                |                                  |    |     |   |   |   |   |   |   |    |                                       |                        |   |         |  |  |
| 4            |                    |                            |                                |                                  |    |     |   |   |   |   |   |   |    |                                       |                        |   |         |  |  |
| 5            |                    |                            |                                |                                  |    |     |   |   |   |   |   |   |    |                                       |                        |   |         |  |  |
| .            |                    |                            |                                |                                  |    |     |   |   |   |   |   |   |    |                                       |                        |   |         |  |  |
| 26           |                    |                            |                                |                                  |    |     |   |   |   |   |   |   |    |                                       |                        |   |         |  |  |

Clasificación: Planta normal (I), Requiere poda (II), Receptor (III), Renovar (IV), Replante (V), Falla física (VI).  
 Producción por hectárea = \_\_\_\_\_kg

## Fuentes consultadas

- CORTÉS, L. (2004), *Guía práctica: producción de café con sombra de maderables*, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, 24 pp.
- ESCAMILLA P., E. y S. DÍAZ C. (2002), *Sistemas de cultivo de café en México*, Universidad Autónoma Chapingo, Fundación Produce de Veracruz, A.C. Huatusco, Veracruz, México.
- Inmecafé (Instituto Mexicano del Café) (1990), *El cultivo del cafeto en México*, Xalapa, Veracruz, La Fuente, 248 pp.
- MONROIG I., M.F. (2010), *Manual para una caficultura sostenible en Puerto Rico*, Puerto Rico.
- PÉREZ P., E., J.G. Partida S. y D. Martínez P. (2005), “Determinación de las subdenominaciones de origen del Café Veracruz” (estudio preliminar), *Revista de Geografía Agrícola. Estudios regionales de la agricultura mexicana*, Texcoco, México, Universidad Autónoma Chapingo, julio-diciembre, núm. 35, pp. 23-38.
- Promecafé (Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Cafeticultura) (1994), Seminario-Taller regional sobre pronóstico de cosecha de café, Honduras, 112 pp.
- ROSAS A., J., E. Escamilla P. y O. Ruiz R. (2008), “Relación de los nutrimentos del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico”, *Terra Latinoamericana*, octubre-diciembre, año 26, vol. 4, pp. 375-384.
- Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2011), *Plan de innovación en la cafeticultura de México. Proyecto Estratégico Fomento Productivo 2010. Estrategia de innovación hacia la competitividad en la cafeticultura*, Sagarpa, Coordinadora Nacional de Fundaciones Produce, Universidad Autónoma Chapingo-CRUO, Amecafé, Inca Rural, México, 165 pp.
- (2011), *Guía para el diagnóstico de la estructura productiva de cafetales y de la sombra. Proyecto Estratégico Fomento Productivo*

(2010), *Estrategia de innovación hacia la competitividad en la cafeticultura*, Huatusco, Veracruz, México, Sagarpa, Inca Rural, Amecafé, Universidad Autónoma Chapingo-CRUO, 16 pp.

ZAMARRIPA, C., A. y E. Escamilla P. (2002), *Variedades de café en México: origen, características y perspectivas*, Huatusco, Veracruz, México, Universidad Autónoma Chapingo, Fundación Produce de Veracruz, 39 pp.

# Estimación de cosecha de cacao

Óscar Díaz-José, Jorge Aguilar-Ávila\*

## Introducción

El cacao es parte de la historia, la cultura y la economía mexicana, representa una importante fuente de empleo. Su uso en México se debe a los olmecas (1,500 a 400 a.C.), ellos fueron los primeros en domesticarlo y utilizarlo; habitaban en los llanos del golfo de México, los cuales abarcan el sur de Veracruz y Tabasco.

A nivel mundial en 2010, los principales países productores de cacao fueron Costa de Marfil, Indonesia, Ghana, Nigeria y Camerún con una participación de 30, 20, 15 y 9 por ciento, respectivamente (FAO, 2012).

En México, los principales estados productores en 2011 fueron Tabasco, Chiapas y Guerrero; los primeros produjeron el 99 por ciento del total nacional (SIAP, 2012). El cultivo de cacao en el país tuvo un fuerte apoyo durante las décadas de los setenta y ochenta, cuando existía la Comisión Nacional del Cacao (Conadeca), en ese entonces los altos precios del grano no hacían atractivas las importaciones industriales. En esta etapa se negociaron buenos precios que impulsaron la siembra de nuevas superficies y el aumento tanto en el volumen de producción total como en productividad por hectárea. Sin embargo, el incremento de la superficie cosechada coincidió con el momento en el que las condiciones de mercado cambiaron drásticamente.

\* CIESTAAM-UACH. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo.

El fenómeno de expansión africana del cultivo que saturó los mercados y empujó los precios a la baja, junto con la apertura del mercado doméstico del cacao a partir de 1989, fueron circunstancias que aprovechó la industria para importar grano, lo cual disminuyó enormemente la demanda interna con la consiguiente caída del precio para el cacaocultor nacional.

Esto propició una regresión tecnológica en el eslabón primario, la producción por unidad de superficie disminuyó durante toda la década de los noventa. Las plantaciones sufrieron descuido y abandono, y comenzó a surgir en el pequeño productor la tendencia de recolector,<sup>1</sup> y el derribo de plantaciones, todo ello redujo la superficie cultivada.

Actualmente, México ocupa el decimotercer lugar como productor a nivel mundial y el sexto en América Latina, con una producción aproximada de 27,174 toneladas de grano que representan el 0.6 por ciento de la producción mundial. El país cuenta con una superficie establecida de 61 mil hectáreas distribuidas principalmente en los estados de Tabasco y Chiapas. La producción de cacao ha tenido variaciones importantes, tal es el caso de las 28 mil toneladas cosechadas en 2000 y las 46 mil obtenidas en 2001. Las empresas que más participan en la compra de materia prima son Nestlé®, Ricolino® y La Corona®. La demanda nacional de materia prima es de 56,700 toneladas por lo que existe un déficit de 19,300 toneladas (Aguirre, 2009).

### **Factores que afectan el rendimiento del cultivo de cacao<sup>2</sup>**

El nivel de producción de una finca de cacao comienza a decaer después de varios años por distintos factores: la declinación de la

<sup>1</sup>De acuerdo con el informe de resultados de misión del IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), realizado en 2011 a la cadena cacao, actualmente 50 por ciento de los productores son recolectores de fruta y no realizan mantenimiento de las plantaciones.

<sup>2</sup>Se agradecen los aportes a este apartado de Víctor Hugo Porras Umaña.

productividad del campo, edad de la plantación, manejo deficiente y uso de variedades no apropiadas.

### *Productividad decreciente del terreno*

Se entiende por productividad de un terreno de cacao no sólo la fertilidad del suelo, la cual es una de sus características químicas, sino las condiciones físicas y de fertilidad en su conjunto. Las condiciones físicas dependen principalmente de la estructura y textura, las cuales determinan el espacio radical y suministro de aire y agua. Entre las principales causas de la disminución de la productividad se encuentran:

- Mucha o poca sombra.
- Daño a los árboles de cacao producido por cortadas de machete.
- Doseo pobre causado, a veces, por la caída de árboles de sombra o por senescencia de los propios árboles de cacao.
- Plagas y enfermedades: la mazorca negra, monilia, ardilla, entre otras.
- Otras causas: drenaje pobre, alta presencia de malezas, árboles en suelos pobres, reducción de la hojarasca, falta de balance en la nutrición.

Sólo algunas de estas causas afectan el suelo directamente, por ejemplo, el avenamiento pobre y la falta de nutrición balanceada. La mayoría son “accidentes o casualidades”, entre ellos como el daño producido por la caída de árboles de sombra y cortaduras de machete, y las catástrofes como inundaciones causan erosión y lavado de nutrientes en los suelos: sin embargo un manejo descuidado es la principal causa del exceso o falta de sombra, invasión de malezas y diseminación de plagas y enfermedades. En México, aproximadamente 50 por ciento de las plantaciones de cacao presentan abandono, lo que facilita la pro-

liferación de enfermedades fungosas y plagas y, por ende, muy bajos rendimientos.

El drenaje pobre es un factor físico del suelo, que frecuentemente llega a ser más pronunciado a medida que el suelo se deteriora. Un suelo no alterado por prácticas agrícolas frecuentes posee una alta capacidad de infiltración en la superficie debido a la presencia de hojarasca y suelo migajoso. El agua de lluvia que llega a la superficie es absorbida de inmediato y percolada rápidamente si la permeabilidad de las capas inferiores es buena.

Si la capa húmica porosa del suelo es profunda, gran parte del agua puede ser almacenada evitando así el escurrimiento, este fenómeno es bastante importante en nuestros días por los cambios observados en los patrones de precipitación; sin embargo, si la cantidad de hojarasca ha disminuido de forma gradual desde que se sembró el cacao en lugar de la vegetación establecida originalmente (bosque o selva), y la erosión del suelo ha removido la mayor parte de la capa de grumos y el suelo húmico inferior, entonces la infiltración, penetración, absorción y almacenamiento también habrán disminuido y gran parte del agua de lluvia se escurrirá sobre la superficie del suelo o se acumulará en depresiones causando anegamiento.

El suelo húmico contiene una gran cantidad de nutrientes en una proporción balanceada. Si éstos se pierden por desgaste o erosión, la alimentación de los árboles de cacao disminuirá y los rendimientos caerán cada vez más.

### *Edad de la plantación*

Después de que ha sido establecida una plantación de cacao y los árboles de sombra se encuentran creciendo satisfactoriamente, los diferentes accidentes o casualidades empiezan a afectar la población y el suelo se deteriora a una velocidad que depende de sus propiedades de origen. Para explicar con más detalle esto, vale la pena retomar los datos proporcionados por

el profesor Hardy (1957) en un estudio realizado en Trinidad, Costa Rica, en el que se detalla lo siguiente: dos campos de cacao de 50 años de edad son sembrados, uno en suelo bueno y otro en suelo malo, se registró la composición de la población y rendimientos obtenidos, los cuales se describen a continuación.

a) Composición de la población de árboles.

| <i>Descripción</i>                           | <i>Suelo bueno</i> | <i>Suelo malo</i> |
|--|--------------------|-------------------|
| Número de árboles en producción              | 64                 | 50                |
| Número de árboles que no están en producción | 36                 | 50                |
| Total  | 100                | 100               |

Árboles que no están en producción, compuestos de:

|                              |    |    |
|------------------------------|----|----|
| a) Vacíos (sin árboles)      | 5  | 10 |
| b) Replantes (resiembras)    | 6  | 6  |
| c) Árboles menores de 5 años | 8  | 8  |
| d) Árboles mayores de 5 años | 17 | 26 |
| Total                        | 36 | 50 |

Árboles mayores de cinco años dañados por:

|                          |    |    |
|--------------------------|----|----|
| a) Exceso de sombra      | 5  | 1  |
| b) Heridas de machete    | 2  | 8  |
| c) Dosel pobre           | 3  | 8  |
| d) Plagas y enfermedades | 1  | 2  |
| e) Otros accidentes      | 6  | 7  |
| Total                    | 17 | 26 |

b) Contribuciones al rendimiento de las diferentes categorías de árboles.

| <i>Descripción</i>             | <i>Suelo bueno</i> | <i>Suelo malo</i> |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|
| Rendimiento total (kg)         | 131.5              | 40.8              |
| Número total de árboles        | 131.5              | 99.8              |
| Rendimiento de cacao por árbol | 0.6                | 0.2               |

| <i>Descripción</i>   | <i>Suelo bueno</i>              |                              | <i>Suelo malo</i>               |                              |
|--|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
|  | <i>Porcentaje de producción</i> | <i>Porcentaje de árboles</i> | <i>Porcentaje de producción</i> | <i>Porcentaje de árboles</i> |
| Categorías por edades  | 0                               | 0                            | 0                               | 16                           |
| 1 a 4 años   | 0                               | 30                           | 0                               | 13                           |
| 5 a 10 años  | 4                               | 13                           | 3                               | 11                           |
| 11 a 40 años   | 31                              | 24                           | 72                              | 51                           |
| Árboles originales   | 65                              | 31                           | 25                              | 9                            |
| Total de árboles maduros<br>(más de 10 años de edad)               | 96                              | 55                           | 97                              | 60                           |
| Categorías por producción  |                                 |                              |                                 |                              |
| 0 a 0  | 0.0                             | 19.0                         | 0.0                             | 29.0                         |
| 0 a 0.43   | 3.2                             | 7.3                          | 13.1                            | 11.3                         |
| 0.44 a 0.88  | 8.6                             | 7.3                          | 9.9                             | 2.2                          |
| 0.88 a 1.36  | 9.5                             | 5.0                          | 9.0                             | 1.3                          |
| 1.4 a 1.81   | 8.2                             | 2.7                          | 7.7                             | 0.9                          |
| Más de 1.82  | 15.8                            | 4.0                          | 5.4                             | 0.4                          |
| Árboles productivos<br>(más de 0.43 kg de<br>producción por árbol) | 93.0                            | 42.0                         | 71.0                            | 11.0                         |

Los datos del apartado a), “Composición de la población de árboles”, evidencian que en un suelo apropiado, alrededor de dos terceras partes del número total de árboles de la plantación producen de manera significativa, mientras que en un suelo con deterioro producen únicamente la mitad. Más o menos la mitad de los árboles que no se encuentran en producción tienen menos de cinco años de edad y se trata de los reemplazos realizados cada año para sustituir árboles muertos o improductivos.

Árboles mayores de cinco años que no están en producción representan la mitad de la plantación en suelo malo, pero su comportamiento pobre puede deberse, en parte, a condiciones adversas del suelo y a accidentes.

En el apartado b), “Contribuciones al rendimiento de las diferentes categorías de árboles”, encontramos que la mayor parte del rendimiento total es producido por 55 por ciento de los árboles establecidos en suelo bueno; y por 60 por ciento de los ubicados en terreno malo, todos éstos tienen más de 11 años de edad, el resto aportan únicamente 4 y 3 por ciento, respec-

tivamente, del rendimiento. La mayoría de los árboles con alta producción en el campo con buen suelo son originales, de 50 años de edad, mientras que sólo el 9 por ciento de los árboles con alta producción en suelo malo corresponde a la plantación original.

La contribución más grande para el rendimiento en el campo con buen suelo es aportada por pocos árboles, en la clase de más de 1.82 kilogramos, mientras que en la finca con suelo malo es aportada por árboles de 0 a 0.43 kilogramos y de 0.44 a 0.88 kilogramos. La existencia de árboles productivos es casi cuatro veces mayor en un campo con buen suelo que en un suelo malo. Se ha observado que la vida productiva de los árboles establecidos en un buen suelo es mayor.

### *Manejo deficiente de la plantación*

El factor humano presenta una enorme variación en su importancia como causa del decaimiento de los niveles productivos de las fincas. En muchos de los casos es la causa principal; cuando los tiempos son malos, las plantaciones de cacao son abandonadas. En ese sentido, se estima que en México más de la mitad de las plantaciones no posee un manejo adecuado, entendiéndose éste como las actividades mínimas que un cacaocultor debe realizar a lo largo del ciclo de cultivo en la finca, entre otras: poda, remoción de frutos enfermos, fertilización (véase cuadro 1).

CUADRO 1  
DINÁMICA DEL MANEJO DE LAS PLANTACIONES  
DE CACAO EN MÉXICO EN 2010

| <i>Manejo de plantaciones</i> | <i>%</i> | <i>Actividades de sanidad</i> | <i>%</i> |
|-------------------------------|----------|-------------------------------|----------|
| Sin manejo                    | 55.0     | No realizan actividades       | 61.0     |
| Con manejo                    | 45.0     | Realizan actividades          | 39.0     |
| <i>Nutrición</i>              | <i>%</i> | <i>Organización</i>           | <i>%</i> |
| No aplican nutrientes         | 96.0     | No organizados                | 96.0     |
| Aplican nutrientes            | 4.0      | Organizados                   | 4.0      |

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta de línea base aplicada por la Agencia de Gestión de la Innovación (AGI) en las tres principales regiones productoras de cacao en México.

También se requiere apoyo financiero y crédito para capacitar a los productores sobre cómo hacer frente a los periodos difíciles; en muchos casos, las circunstancias económicas exceden a todas las demás como un factor explicativo del decaimiento de la producción. No obstante lo anterior, en los últimos años se han abierto nuevos nichos de mercado y oportunidades para las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) en Latinoamérica y propiamente para aquellas que presentan ventajas comparativas relacionadas con los recursos naturales existentes en las regiones y territorios en donde ejercen su actividad económica (Pérez, 2008).

#### *Variedades no apropiadas de cacao*

Durante muchos años se han realizado investigaciones en México para desarrollar variedades altamente productivas, se buscan características deseables como el porte bajo, precocidad, rendimiento y vigor de la planta, resistencia a enfermedades, tamaño de la mazorca, compatibilidad y tamaño de la semilla y contenido de grasa; sin embargo, gran cantidad de las variedades que se presume son de alta producción han sido seleccionadas erróneamente, pues muchas de las veces no se toma en consideración la aptitud combinatoria general y específica que deben tener dichos árboles (Ahnert, 2009). Es indispensable utilizar variedades de cacao que hayan sido comparadas y comprobadas en un gran número de condiciones de suelo y sitios antes de ser aceptadas como sobresalientes. En las regiones productoras de cacao de México, existe un gran número de variedades criollas y trinitarias con características deseables, esto es: buena productividad, finos de aroma y de almendra blanca, inclusive materiales con cierta tolerancia para algunas enfermedades. Por ello, antes de adquirir planta, se recomienda observar primero los materiales existentes en los centros de investigación y fincas ya establecidas.

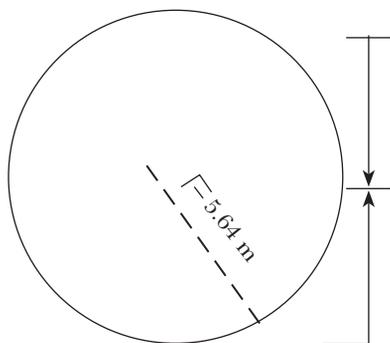
### Método de estimación de rendimiento<sup>3</sup>

El método de estimación de rendimiento al interior de las plantaciones de cacao se basa en la realización de un muestreo sobre la cantidad de mazorcas existentes en los árboles, considerando sólo aquellas que poseen más de cuatro meses de edad, o bien, se encuentran a punto de corte, lo cual garantiza que se trata de frutos representativos. Posteriormente, se contabilizan los granos de cinco mazorcas maduras, de tamaño promedio, por sitio de muestreo y se realizan los cálculos correspondientes. Enseguida se describe el procedimiento para seleccionar los sitios de muestreo al interior de cada finca, el levantamiento y análisis de datos.

#### *Forma y tamaño de los sitios de muestreo*

En el levantamiento de la información de campo sobre el número de mazorcas mayores de cuatro meses de edad por árbol y número de granos por mazorca, se utilizan sitios circulares de  $100 \text{ m}^2$  ( $r = 5.64 \text{ m}$ ) (véase figura 1).

FIGURA 1  
SITIO CIRCULAR DE MUESTREO DE  $100 \text{ M}^2$



Fuente: Elaboración propia.

<sup>3</sup>Se agradecen los aportes de Víctor Hugo Parras Umaña.

### Número de sitios de muestreo

Para determinar el número de sitios de muestreo a levantar, usar el área sombreada del cuadro 2. Se requiere conocer únicamente el número de plantas por hectárea en la plantación (densidad), o bien, el espaciamiento (dos primeras filas), el tamaño de muestra en número de plantas (columna 2 del cuadro 2) fue calculado mediante el método de muestreo simple al azar (Sharon, 2000), se consideró una confiabilidad del 95 por ciento, precisión del 90 por ciento ( $d = 0.1$ ), y una varianza de 0.20 por ciento.

CUADRO 2  
NÚMERO DE SITIOS DE MUESTREO A LEVANTAR,  
PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTACIÓN

| Número de<br>árboles en<br>la plantación             | Tamaño<br>de la<br>muestra<br>Plantas | Número de plantas por hectárea |                  |                  |                  |                  |                  |                  |     |     |     |     |
|--|---------------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|
|  |                                       | 1600                           | 1333             | 1111             | 952              | 816              | 714              | 625              | 635 | 494 | 444 | 400 |
|  |                                       | $2.5 \times 2.5 \times 3.0$    | $3.0 \times 3.5$ | $3.5 \times 3.5$ | $3.5 \times 4.0$ | $4.0 \times 4.0$ | $4.5 \times 4.5$ | $5.0 \times 2.5$ |     |     |     |     |
| 100-150  | 51                                    | 3                              | 4                | 5                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9   | 10  | 10  | 13  |
| 151-200  | 56                                    | 4                              | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                | 10  | 11  | 11  | 14  |
| 201-250  | 59                                    | 4                              | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                | 11  | 12  | 12  | 15  |
| 251-300  | 61                                    | 4                              | 5                | 5                | 6                | 7                | 9                | 10               | 11  | 12  | 12  | 15  |
| 301-350  | 63                                    | 4                              | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                | 10               | 11  | 13  | 13  | 16  |
| 351-400  | 64                                    | 4                              | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                | 10               | 12  | 13  | 13  | 16  |
| 401-450  | 66                                    | 4                              | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                | 11               | 12  | 13  | 13  | 17  |
| 451-500  | 67                                    | 4                              | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                | 11               | 12  | 14  | 14  | 17  |
| 501-550  | 67                                    | 4                              | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                | 11               | 12  | 14  | 14  | 17  |
| 551-600  | 68                                    | 4                              | 5                | 6                | 7                | 8                | 10               | 11               | 12  | 14  | 14  | 17  |
| 601-650  | 69                                    | 4                              | 5                | 6                | 7                | 8                | 10               | 11               | 12  | 14  | 14  | 17  |
| 651-700  | 69                                    | 4                              | 5                | 6                | 7                | 8                | 10               | 11               | 12  | 14  | 14  | 17  |
| 701-750  | 70                                    | 4                              | 5                | 6                | 7                | 9                | 10               | 11               | 13  | 14  | 14  | 18  |
| 751-800  | 70                                    | 4                              | 5                | 6                | 7                | 9                | 10               | 11               | 13  | 14  | 14  | 18  |
| 801-1,600  | 73                                    | 5                              | 6                | 7                | 8                | 9                | 10               | 12               | 13  | 14  | 16  | 18  |
| 1,601-2 500  | 75                                    | 5                              | 6                | 7                | 8                | 9                | 10               | 12               | 13  | 15  | 15  | 19  |
| Número de árboles<br>por sitio de 100 m <sup>2</sup> |                                       | 16                             | 13               | 11               | 9                | 8                | 7                | 6                | 6   | 5   | 5   | 4   |

Nota: Para plantaciones con densidades diferentes a las indicadas en el cuadro 1, se divide el tamaño de muestra de número de árboles (columna 2) entre el número de árboles en 100 m<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Ejemplo:

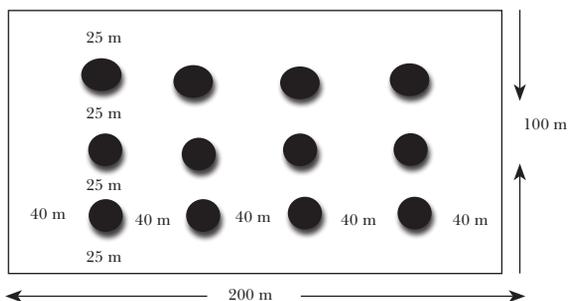
Una plantación con 775 árboles a una densidad de 625 árboles  $\text{ha}^{-1}$ :

$$\frac{70}{6} = 11.7 = 11 \text{ sitios completos}$$

### Distribución de los sitios de muestreo

La distribución de los sitios de muestreo debe realizarse de manera sistemática abarcando toda la plantación (véase figura 2).

FIGURA 2  
DISTRIBUCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO  
EN LA PLANTACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo:

Superficie aproximada: dos hectáreas.

Número de árboles en la plantación: 1,250.

Densidad de plantación: 625 plantas por hectárea.

Número de sitios a levantar:  $73/6 = 12.1 = 12$  sitios.

Estos sitios se distribuyen sistemáticamente a una distancia de  $25 \times 40$  metros.

La distribución se realiza considerando el tamaño de la finca y estableciendo equidistancias entre los sitios.

### *Levantamiento de datos*

Se contabilizan las mazorcas de más de cuatro meses de edad, o bien, a punto de cosecha en cada sitio de muestreo. Las mazorcas deben estar sanas, libres de monilia, mancha negra o daños mecánicos que comprometan su desarrollo y madurez hasta la cosecha. La forma botánica de la mazorca presenta variaciones, por lo que han sido clasificadas en cuatro grandes grupos: calabacillo, amelonado, angoleta y cundeamor. Cada una de éstas se distingue fácilmente en el campo, si bien es recomendable que personas con poca experiencia en el cultivo interesadas en realizar una estimación de rendimiento se auxilien de un productor, quien podrá determinar con mayor exactitud la edad de las mazorcas.

De manera general, el fruto se describe como una baya sostenida por un pedúnculo leñoso, la cáscara o pericarpio está formada por tres partes: exocarpo, un tejido epidérmico con o sin pigmentación cuyo espesor es muy variado, de 10 a 15 milímetros; mesocarpo, una capa de células semileñosas, y endocarpo carnoso y suave (Aguirre *et al.*, 2010).

Para cada sitio de muestreo se seleccionan dos mazorcas maduras de tamaño medio que representen de la mejor forma todo el sitio,<sup>4</sup> esto puede lograrse marcándolas con cinta de color o algún distintivo (véase figura 3), sin dañarlas o desprenderlas. Se enumera un fruto por árbol en el sentido de las manecillas del reloj y se eligen dos entre todas las medianas (véase figura 4). Éstas se desprenden y se guardan en un saco para realizar el conteo de granos.

Existen cuatro categorías para clasificar los árboles de cacao en función del número de frutos por ciclo productivo y el rendimiento de cacao seco obtenido: de 0 a 25 mazorcas y con producción de menos de 200 kilogramos (deficientes); 26 a 50 frutos

<sup>4</sup>Para tomar datos de semilla, es necesario tener 20 mazorcas estudiar cinco semillas de cada una (Engels, Bartley y Enríquez, 1980). De acuerdo con los cálculos y plantaciones frecuentes con distanciamientos de 4 × 4 en donde se realizan 11 sitios de muestreo, se toman 22 mazorcas, por lo que es acorde con la literatura consultada.

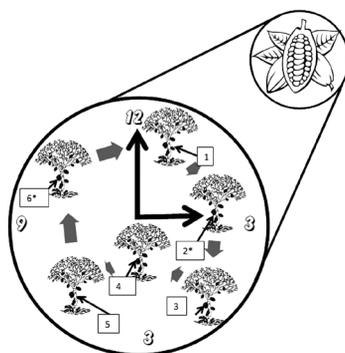
con volúmenes de cosecha de 201 a 300 kilogramos (buenos); de 51 a 99 mazorcas con rendimiento de 300 a 500 kilogramos (excelente), y más de 100 frutos y con más de 500 kilogramos (elites) (Aránzazu y Martínez, 2008). En México actualmente se cosechan, en promedio, de 200 a 500 frutos por árbol.

FIGURA 3  
SELECCIÓN DE MAZORCAS MEDIANAS  
PARA REALIZAR LA ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO



Fuente: Imagen tomada en campo.

FIGURA 4  
PROCESO PARA SELECCIONAR LA MAZORCA  
REPRESENTATIVA DEL SITIO DE MUESTREO



Nota: Los números marcados con asterisco son las mazorcas seleccionadas para cortar (plantación a  $4 \times 4$ , 625 árboles/ha). Al final, sólo se corta una mazorca.

Fuente: Elaboración propia.

En los árboles de cacao, cada fruto puede tener de 20 a 40 granos. El tiempo de maduración varía según el genotipo y el ambiente. El tamaño, forma y coloración de la semilla también son variables, dependiendo del genotipo. El color puede variar de blanco a cremoso en los cacaos criollos, y hasta violeta en los cacaos forasteros. Para tomar datos de las semillas, es necesario tener dos mazorcas maduras por sitio de muestreo, de las cuales se deben contar la totalidad de los granos.

FIGURA 5

MAZORCA PERTENECIENTE AL SITIO DE MUESTREO  
AL MOMENTO DE INICIAR EL CONTEO



Fuente: Imagen tomada en campo.

De cada mazorca, sólo cinco granos deben ser pelados y puestos en un lugar húmedo mientras se hace el estudio —la semilla se deshidrata rápidamente—, pueden ponerse en un trapo o una servilleta de papel humedecidos con agua (véase figura 6). La forma de la semilla puede variar significativamente dentro de una misma mazorca, por eso es necesario observar varias semillas de cada mazorca y tomar las cinco de tamaño promedio o la forma que más se repita.

Con ayuda de una balanza granataria, se pesan los granos de cada una de las mazorcas colectadas. Para tener una mejor preci-

sión en la estimación, los granos deben de ser secados en una estufa a 110 °C por 24 horas, para determinar el peso seco. Para una aproximación en campo, puede utilizarse un factor de corrección, el cual mencionaremos más adelante.

FIGURA 6  
SEMILLAS PELADAS Y LISTAS PARA SER PESADAS



Fuente: Imagen tomada en campo.

#### *Análisis de los datos obtenidos*

Una vez obtenidos los datos y haberlos registrado en el anexo 1, se realiza su procesamiento que consiste en simples cálculos básicos de extrapolación, conversión y ajuste de valores, esto puede hacerse de manera manual, o bien utilizando una hoja de cálculo convencional.

El procedimiento se describe a continuación:

a) Primero se obtiene el peso promedio de la mazorca por sitio, contabilizan los granos contenidos en cada una de las cinco mazorcas de la muestra, y se registra el peso promedio de los cinco granos colectados por mazorca. Para ello, se emplea la siguiente fórmula:

$$PMS = \frac{\left\{ \sum_{i=1}^5 \left( \left[ \frac{PGMM}{5} \right] \times NTGM \right) \right\}}{2}$$

Donde:

PMS= peso promedio de la mazorca muestra del i-ésimo sitio.

PGMM= peso total fresco de los cinco granos obtenidos de la i-ésima mazorca muestra del i-ésimo sitio.

NTGM= número total de granos de la i-ésima mazorca muestra del i-ésimo sitio de muestreo.

$\Sigma$ = operador sumatoria o adición.

Para realizar una aproximación del peso seco directamente en campo, se puede emplear la misma fórmula, sólo hay que adicionarle un factor de corrección:

$$PMS = \left\{ \sum_{i=1}^5 \left( \left[ \frac{PGMM}{5} \right] \times NTGM \right) \right\}$$

Donde:

PMS= peso promedio de la mazorca muestra del i-ésimo sitio.

PGMM= peso total de los cinco granos obtenidos de la i-ésima mazorca muestra del i-ésimo sitio.

NTGM= número total de granos de la i-ésima mazorca muestra del i-ésimo sitio de muestreo.

FAC1= factor de conversión del peso fresco a peso seco, calculado con base en los datos reportados por Argüello, Mejía y Contreras (1999) sobre el peso fresco y el peso seco de 44 clones de cacao y cuyo valor es 0.37.

$\Sigma$ = operador sumatoria o adición.

b) Una vez obtenida la estimación del peso total de los granos de la mazorca muestra por sitio, ya sea en fresco o seco, los datos se extrapolan al número de mazorcas con edad mayor a cuatro meses, contabilizadas para cada uno de los árboles pertenecientes al sitio de muestreo. Para esto se emplea la siguiente ecuación:

$$PTES = PMS \times \sum_{i=1}^n NMARB$$

Donde:

PTES= peso total estimado de las mazorcas pertenecientes al i-ésimo sitio.

PMS= peso promedio de la mazorca muestra del i-ésimo sitio.

NMARB= número de mazorcas por árbol i-ésimo sitio.

$\Sigma$ = operador sumatoria o adición.

c) Con ello se obtiene una primera estimación sobre el volumen de producción que habrá en el sitio de muestreo. El proceso se repite para cada uno de los sitios de muestreo y al final se emplea la siguiente fórmula para obtener la estimación de rendimiento que habrá en la plantación estudiada:

$$VPE = \left[ STM \times \frac{\left( \sum_{i=1}^s PTES \right)}{NTSM} \right] \times FAC2$$

Donde:

VPE= volumen de producción estimado.

PTES= peso total estimado de las mazorcas pertenecientes al i-ésimo sitio.

STM= superficie total en metros cuadrados.

NTSM= número total de sitios muestreados en la plantación.

$\Sigma$ = operador sumatoria o adición.

FAC2= factor de corrección propuesto por Tan (1990), debido a la distribución inexacta de los árboles en el terreno y errores en la estimación de la densidad de árboles establecidos en la plantación, su valor es de 0.83.

Para realizar la estimación por hectárea, se emplea la siguiente ecuación:

$$VTPEH = \left[ \left( \sum_{i=1}^n PTES \mid NTSM \right) \times 100 \right] \times FAC2$$

Donde:

VTPEH= volumen de producción estimado para la plantación.

PTES= peso total estimado de las mazorcas pertenecientes al *i*-ésimo sitio.

STM= superficie total en metros cuadrados.

NTSM= número total de sitios muestreados en la plantación.

$\Sigma$ = operador sumatoria o adición.

FAC2= factor de corrección propuesto por Tan (1990).

Ejemplo:

En una plantación de cacao, se desea saber a cuánto asciende el volumen de producción en la temporada noviembre-enero. Los datos generales de la plantación proporcionados por el productor son los siguientes:

Superficie total de la plantación: tres hectáreas.

Distancia aproximada entre plantas:  $4 \times 4$ .

Número total aproximado de árboles de cacao: 2,335.

Se emplean los datos del cuadro 1 y resulta lo siguiente:

Número de sitios a muestrear: 12.

Número aproximado de plantas por sitio: 6.

Total de plantas a muestrear: 72.

La estimación se realiza 15 días antes de la cosecha, pues ya hay mazorcas maduras para el corte, lo cual facilita la estimación porque éstas son las que se escogerán como mazorcas medianas para realizar el conteo de granos. En total se contabilizarán 24 mazorcas y 120 granos de cacao frescos. Los resultados obtenidos se muestran en los cuadros 3 y 4. La sustitución de valores y datos obtenidos es más rápida y sencilla cuando se emplea la hoja tres del anexo 1.

CUADRO 3  
 RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO PARA  
 LOS SITIOS DE MUESTREO

| Sitios | Número de árboles en el sitio | Número de mazorcas de más de cuatro meses de edad | Mazorcas seleccionadas (anotar el número de árbol del cual fue seleccionada la mazorca muestra) |
|--------|-------------------------------|---|---|
| 1      | 6                             | 150   | Número de árbol / 3 / Segunda: Número de árbol / 5 /  |
| 2      | 6                             | 166   | Número de árbol / 2 / Segunda: Número de árbol / 6 /  |
| 3      | 7                             | 145   | Número de árbol / 3 / Segunda: Número de árbol / 4 /  |
| 4      | 6                             | 140   | Número de árbol / 4 / Segunda: Número de árbol / 6 /  |
| 5      | 5                             | 148   | Número de árbol / 4 / Segunda: Número de árbol / 6 /  |
| 6      | 6                             | 146   | Número de árbol / 2 / Segunda: Número de árbol / 3 /  |
| 7      | 5                             | 145   | Número de árbol / 1 / Segunda: Número de árbol / 4 /  |
| 8      | 4                             | 150   | Número de árbol / 1 / Segunda: Número de árbol / 5 /  |
| 9      | 6                             | 155   | Número de árbol / 4 / Segunda: Número de árbol / 2 /  |
| 10     | 5                             | 156   | Número de árbol / 1 / Segunda: Número de árbol / 5 /  |
| 11     | 5                             | 157   | Número de árbol / 3 / Segunda: Número de árbol / 4 /  |
| 12     | 6                             | 158   | Número de árbol / 2 / Segunda: Número de árbol / 4 /  |

Los resultados obtenidos indican que se tiene un rendimiento promedio estimado de 379.5 kilogramos por hectárea y un volumen estimado de cosecha de 1,138.4 kilogramos.  
 Fuente: Elaboración propia.



|          |      |     |     |    |      |      |     |     |    |      |      |       |         |
|----------|------|-----|-----|----|------|------|-----|-----|----|------|------|-------|---------|
| 9        | 14.8 | 3.0 | 1.1 | 23 | 25.2 | 12.8 | 2.6 | 0.9 | 25 | 23.7 | 24.4 | 155.0 | 3,787.4 |
| 10       | 14.6 | 2.9 | 1.1 | 24 | 25.9 | 13.9 | 2.8 | 1.0 | 26 | 26.7 | 26.3 | 156.0 | 4,108.5 |
| 11       | 15.2 | 3.0 | 1.1 | 26 | 29.2 | 12.4 | 2.5 | 0.9 | 27 | 24.7 | 27.0 | 157.0 | 4,232.7 |
| 12       | 12.6 | 2.5 | 0.9 | 28 | 26.1 | 12.9 | 2.6 | 1.0 | 19 | 18.1 | 22.1 | 158.0 | 3,495.3 |
| Promedio |      |     |     |    |      |      |     |     |    |      |      |       |         |

Columna *a*: registro del peso fresco de cinco granos sin pulpa, de tamaño y forma promedio, extraídos de Rendimiento (kg/ha) 379.474167 la mazorca de cacao.

Columna *b*: datos de la columna *a*/5, peso promedio de los cinco granos entre el número de granos para obtener el peso promedio por grano.

Columna *c*: factor de corrección de 0.37 para estimar el peso seco de granos colectados. Si se secan en estufa, esperar para registrar el dato exacto.

Columna *d*: número de granos contados en la mazorca muestra.

Columna *e*: peso promedio estimado de los granos en seco por el número de granos en la mazorca. Rendimiento de la 1,138.4 plantación (kg)

1. Suma de los dos pesos promedio en cada una de las mazorcas entre dos.

2. Es la sumatoria del total de mazorcas mayores de cuatro meses contabilizadas en cada sitio de muestreo entre el número de sitios de muestreo.

3. Multiplicación del peso promedio de la mazorca por el número de mazorcas mayores de cuatro meses existentes en el sitio de muestreo.

---

Fuente: Elaboración propia.

## Anexos

### ANEXO 1

(Hoja 1)

Formato para la estimación de rendimiento en cacao

Folio: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

#### 1. Datos de identificación del cacaotal

Nombre de la localidad: \_\_\_\_\_ Nombre del predio \_\_\_\_\_

Propietario o titular \_\_\_\_\_ Estado (Clave) \_\_\_\_\_

Municipio (Clave) \_\_\_ Región \_\_\_

Régimen de propiedad que sustenta el predio: Comunal ( ) Ejidal ( ) Privada ( ) Pública ( )

Ubicación geográfica: latitud N: \_\_\_\_\_ longitud W: \_\_\_\_\_

#### 2. Características ecológicas del cacaotal

Periodo de lluvias: \_\_\_\_\_ Precipitación media anual (mm): \_\_\_\_\_

Clima: \_\_\_\_\_ Temperatura media (°C): \_\_\_\_\_ Altitud (msnm): \_\_\_\_\_

Textura del suelo: Fina: \_\_\_ Media: \_\_\_ Gruesa: \_\_\_ Topografía: Plana \_\_\_ Ondulada \_\_\_ Accidentada \_\_\_

Profundidad del suelo: Profundo \_\_\_\_\_ Poco profundo \_\_\_\_\_ Somero \_\_\_\_\_

Erosión del suelo: Severa \_\_\_\_\_ Moderada \_\_\_\_\_ Imperceptible \_\_\_\_\_

Plantación establecida en: Monocultivo ( ) Policultivo ( )

Sistema de producción: Orgánico ( ) Limpio ( ) Convencional ( )

#### 3. Croquis de la plantación y sitios a levantar



Superficie en ha \_\_\_\_\_

Densidad de plantación: \_\_\_\_\_

Número de sitios de muestreo\* \_\_\_\_\_

\*Esquematice la distribución de los sitios en la plantación.

(Hoja 2)

## Estimación de rendimiento en cacao

## 4. Número de mazorcas por sitio de muestreo y selección de mazorcas medias

Folio: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

| Sitios | Número de árboles<br>en el sitio | Número de<br>mazorcas de más<br>de cuatro meses<br>de edad | Mazorcas seleccionadas (anotar el número de árbol<br>del cual fue seleccionada la mazorca muestra) |
|--------|----------------------------------|--|--|
| 1      |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 2      |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 3      |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 4      |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 5      |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 6      |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 7      |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 8      |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 9      |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 10     |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 11     |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 12     |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 13     |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 14     |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 15     |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 16     |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 17     |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 18     |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 19     |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |
| 20     |                                  |  | Primera: número de árbol /___/ Segunda: número de árbol /___/                                      |



7  
8  
9  
10  
11  
12

Promedio

Columna *a*: registro del peso fresco de cinco granos sin pulpa, de tamaño y forma promedio, extraídos de la mazorca de cacao. Rendimiento (kg/ha) \_\_\_\_\_

Columna *b*: datos de la columna *a*/5, peso promedio de los cinco granos entre el número de granos para obtener el peso promedio por grano.

Columna *c*: factor de corrección de 0,37 para estimar el peso seco de granos colectados. Si se secan en estufa, esperar para registrar el dato exacto.

Columna *d*: número de granos contados en la mazorca muestra. Rendimiento de la \_\_\_\_\_

Columna *e*: peso promedio estimado de los granos en seco por el número de granos en la mazorca. plantación (kg)

1. Suma de los dos pesos promedio en cada una de las mazorcas entre dos.
  2. Es la sumatoria del total de mazorcas mayores de cuatro meses contabilizadas en cada sitio de muestreo entre el número de sitios de muestreo.
  3. Multiplicación del peso promedio de la mazorca por el número de mazorcas mayores de cuatro meses existentes en el sitio de muestreo.
-

(Hoja 4)

Estimación de rendimiento en cacao

**6. Observaciones generales**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del productor

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del técnico responsable del levantamiento

## Fuentes consultadas

- AGUIRRE M., J.F. (2009), "Historia y situación actual del cacao", en A. Báez M. y J.F. Aguirre M. (comps.), *Manual de producción de cacao*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas México, 109 pp.
- , M. Alonso B., J.L. Iracheta D., H.C. Avendaño Z. et al. (2010), *Manual de producción de cacao*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas México, 109 pp.
- AHNERT, D. (2009), *Ideotype Breeding in Cocoa. Proceedings of the International Workshop on Cocoa Breeding for Farmer's Needs*, en A.B. Eskes y J. Efrom M. y F. Bekele (eds.), 15th-17th, october 2006, San José de Costa Rica, CATIE, pp. 157-166.
- ARGÜELLO C., O., L.A. Mejía F., N. Contreras M. (1999), *Manual de caracterización morfoagronómica de clones elite de cacao (Theobroma cacao L.) en el nororiente colombiano*, CORPOICA, Bucaramanga, Colombia, 61 pp.
- ARÁNZAZU H., L.F. y N. Martínez G. (2008), *Diseño e implementación de una metodología para la intervención de plantaciones híbridas de cacao, a través de la rehabilitación o renovación con énfasis en selección y utilización de técnicas de mejoramiento genético participativos en Colombia*, Programa de Investigación Bucaramanga, Colombia, 14 pp.
- FAO-FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2012), *Estadísticas sobre la producción mundial*, disponible en <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor>
- GALLARDO, M. y G. López G. (2010), *Manual de producción de cacao*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas México, 109 pp.

- HARDY, F. (1957), *Suelos de cacao. Manual del curso de cacao*, Departamento de Fitotecnia, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, 247 pp.
- PÉREZ, C. (2008), *Una visión para América Latina. Dinamismo tecnológico e inclusión social mediante una estrategia basada en los recursos naturales*, Globelics, Working Paper Series, 43 pp.
- SHARON L., L. (2000), *Muestreo: diseño y análisis*, Internacional Thomson Editores, 840 pp.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2012), *Agricultura. Cultivo de interés. Cacao*, disponible en [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351)
- TAN G., Y. (1990), "Combining Ability Analysis of Yield and its Components in Cacao", *Journal of the American Society for Horticultural Science*, vol. 115, núm. 3, pp. 509-512.

# Estimación de cosecha de palma de aceite

Enrique Genaro Martínez-González,\*

Nolver Atanacio Arias-Arias,\*\* Norman Aguilar-Gallegos\*

## Introducción

El cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) es una de las especies oleaginosas más importantes en el mundo, superado solamente por la soya en cuanto a volumen de producción; respecto a la producción por unidad de superficie, la palma ocupa el primer lugar, supera 10 veces la producción de los cultivos de soya y cacahuete.

En México, las primeras plantaciones fueron establecidas en 1948 por pequeños productores en la costa de Chiapas. No obstante, hasta 1982 se establecieron las primeras 287 hectáreas con semilla proveniente de Costa de Marfil, Indonesia y Costa Rica; a principios de la década de los noventa, se logró el establecimiento de 2,800 hectáreas; en 1996, el gobierno federal estructuró un programa de plantaciones en el sur y sureste de México, concretándose las primeras plantaciones en 1997 en los estados de Chiapas y Campeche, los estados de Tabasco y Veracruz se incorporaron en 1998. A la fecha se cuenta con una superficie establecida de 40 mil hectáreas aproximadamente y la región sureste de México tiene potencial de establecer hasta 2 millones

\* CIESTAAM-UACH. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo.

\*\* Sociología Rural-UACH. Cenipalma-Colombia. Centro de Investigaciones en Palma de Aceite (Cenipalma).

de hectáreas (Cofupro, Fuprocam e INIFAP, 2003; Siacon, 2010; Velázquez y Gómez, 2010).

El nivel de producción de la palma de aceite está determinado principalmente por el número de racimos que produce cada palma, el peso promedio de los mismos, el contenido de aceite en la pulpa y la almendra del fruto. Desde que inicia el proceso de floración hasta la maduración y cosecha de los racimos, transcurren alrededor de 150 días; debido a lo anterior, es sencillo predecir a partir del número de estructuras reproductivas (inflorescencias y racimos), el nivel de producción que tendrá una plantación en los próximos seis meses.

La herramienta más sencilla para conocer la producción de un lote consiste en el registro diario y acumulativo de la cantidad de fruta cosechada de cada lote o grupo de lotes; al final del año podrá conocerse con exactitud la producción real, ya sea expresada por unidad de área o como un gran total. Sin embargo, los productores agrícolas prácticamente no realizan registros productivos, así esta guía puede ser una herramienta de gran utilidad para que técnicos y productores realicen, de manera sencilla, una estimación muy próxima a la realidad del nivel productivo de sus plantaciones. La guía tiene como objetivo básico el conocimiento predictivo de la producción, ya que permite estimar con bastante aproximación la cantidad de racimos a cosechar en un área determinada del cultivo hasta con seis meses de anticipación (Franco, 2011). Es una herramienta de pronóstico cuya importancia radica en que:

- Permite estimar en forma aproximada la producción de una parcela.
- Facilita la elaboración de presupuestos sobre requerimientos de mano de obra, equipos, insumos y la logística para la cosecha.
- Facilita la elaboración de presupuestos de ingresos y egresos del negocio.

- Para la agroindustria facilita la programación de las plantas de beneficio.
- Permite hacer comparaciones cuantitativas de la producción entre parcelas.

### **Periodicidad para la ejecución de la estimación de cosecha**

Se considera adecuado el periodo de tiempo que transcurre desde que la inflorescencia femenina se encuentra en anthesis (receptiva para el polen y la fecundación) hasta que el racimo madura y está listo para la cosecha. De esta manera, la estimación de producción se realizará cada seis meses en palmas adultas (más de siete años después de la siembra) y en palmas jóvenes (menos de siete años) cada cuatro meses.

Por lo anterior, la estimación de cosecha en palmas adultas se realiza dos veces al año, en enero y julio, y en palmas jóvenes, tres veces al año, enero, mayo y septiembre.

### **Criterios de selección de palmas para la estimación de cosecha**

Es necesario garantizar que las palmas a muestrear sean representativas del lote; es decir, que sean similares a la generalidad de las palmas del lote. Para ello es preciso asegurar que las palmas de una muestra sean del mismo material o variedad, la misma edad de siembra y que se encuentren establecidas en condiciones similares de suelo y pendiente del terreno. Además:

- Se debe evitar muestrear las palmas del borde del lote, caminos, canales de drenaje, corrales de ganado.
- Empezar a muestrear por lo menos a partir de la tercera palma de una línea y de la tercera línea de un lote. Con esto se busca evitar el efecto de borde.

- No muestrear palmas que presenten algún tipo de anomalía genética (palmas machos, pisíferas, con hojas erectas, entre otros).
- No muestrear palmas enfermas, ni tampoco aquellas que hayan sido “resiembras”.
- Una vez que se identifican en campo las palmas a muestrear, éstas se muestrearán durante toda la vida del cultivo, salvo en el caso que la palma se enferme o se erradique por alguna causa.

### Procedimiento para la estimación de cosecha

La estimación de cosecha se realiza a partir de un muestreo de palmas en la parcela, se muestrea por lo menos el 5 por ciento de las palmas (considerando la densidad de plantación), se recomienda que los muestreos se realicen cada cinco palmas y cada cinco líneas ( $5 \times 5$ , previo mapeo de la plantación), para garantizar el muestreo de 5 por ciento de las palmas. En algunos casos, es necesario realizar un muestreo cada cuatro palmas y cada cuatro líneas ( $4 \times 4$ ).

#### *Materiales de campo*

- Machete
- Guantes de cuero
- Báscula (para obtener el peso promedio de racimos)
- Formatos de campo (véanse anexos 1, 2 y 3)
- Mapa de palmas (con la ubicación de las palmas a muestrear) y listado de palmas a muestrear
- Escalera

#### *Procedimiento en campo*

La persona que realiza la estimación de cosecha debe ser capaz de identificar las diferentes estructuras reproductivas de la planta, como se muestra en la figura 1.

FIGURA 1  
ESTRUCTURAS REPRODUCTIVAS  
DE LA PALMA DE ACEITE



a) Inflorescencia masculina

b) Inflorescencia femenina

c) Racimo

Fuente: Elaboración propia.

Cuando se está familiarizado con las estructuras reproductivas de la planta, es necesario realizar el siguiente procedimiento:

- a) Identificar si existen lotes diferentes dentro de la parcela, para poder hacer el muestreo dentro de cada lote y ser más precisos en la estimación de la cosecha.
- b) Si existen diversos lotes, se recomienda realizar el muestreo de por lo menos 5 por ciento de las plantas de dichos lotes: se pre-seleccionan plantas cada cinco palmas y cada cinco líneas.
- c) Con la ayuda del mapa de palmas (véase figura 2) y el listado correspondiente, se procede a la ubicación de cada una de las palmas que se va a muestrear.

La figura 2 muestra la ubicación de las palmas seleccionadas para efectuar el muestreo de estimación de cosecha, en este caso se encuentran en disposición  $5 \times 5$  (cada cinco palmas, cada cinco líneas).

- d) Dentro de cada lote, es necesario verificar que la calidad de las palmas corresponda con las características predominan-



dato acertado. Se trata de realizar una observación cuidadosa. Luego del recorrido, es necesario contar con el peso promedio de los racimos del lote.

- g) El peso de racimos se puede tomar de dos formas: una es teniendo en cuenta los registros de venta de fruta, donde el productor lleva las toneladas producidas y el número de racimos; la otra forma, en el centro de acopio de fruta en la parcela se pesan por lo menos 80 racimos y se registra el promedio de los mismos. Es conveniente considerar que el peso promedio de los racimos puede variar a lo largo del año, por lo que este valor debe registrarse en la misma época en la que se realiza la estimación de cosecha.

### *Cálculos para la estimación de cosecha*

Una vez recabada la información en campo, es necesario realizar los siguientes cálculos:

1. Los datos de las palmas o de los lotes deben registrarse en el anexo 2.
2. En la columna “Lote” se registra el nombre o número asignado previamente.
3. En la columna “Número de palmas por lote” se registra el número de palmas del lote en cuestión.
4. En la columna “Número de palmas por muestra” se coloca la cantidad de palmas muestreadas en el lote.
5. En la columna “Número de estructuras por muestra” se registra la suma de inflorescencias femeninas y el número de racimos encontrados en las plantas muestreadas (de acuerdo con el anexo 1). En el anexo 2 se realiza un resumen de los resultados de campo encontrados en cada lote muestreado.
6. En la columna “Total de estructuras del lote” se coloca la cifra obtenida a partir de la siguiente fórmula (véase anexo 3):

$$\text{Total estructuras lote} = \frac{\text{Núm. palmas lote} \times \text{estructuras por muestra}}{\text{Núm. palmas muestra}}$$

7. En la columna “Peso promedio de racimo” se coloca el peso promedio de acuerdo con el dato reportado por el agricultor o tomado directamente en campo.
8. En la columna “Producción estimada” se calcula la producción esperada para los siguientes seis meses de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{Producción estimada (t)} = \frac{(\text{Total estructuras por lote} \times \text{peso promedio racimo (kg)})}{1,000}$$

9. Posteriormente, se calcula la producción estimada por hectárea, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Producción estimada (t/ha)} = \frac{\text{Producción estimada (t)} \times \text{Núm. palmas}}{\text{Núm. palmas del lote}}$$

10. Con base en la producción estimada en cada lote y la superficie del mismo, se calcula la producción de toda la parcela, tal como se muestra a continuación:

$$\text{Producción estimada (t/parcela)} = (\text{Producción lote 1} \times \text{Superficie lote 1}) + (\text{Producción lote 2} \times \text{Superficie lote 2}) + (\text{Producción lote n} \times \text{Superficie lote n}) +$$

11. Finalmente, si se desea estimar la producción promedio por hectárea, se divide la producción de toda la parcela entre la superficie total de la misma.

$$\text{Producción estimada (t/ha)} = \frac{(\text{Producción estimada de toda la parcela (t)})}{(\text{Superficie de toda la parcela (ha)})}$$

### *Ejercicio para la estimación de cosecha*

En la parcela del señor Juan Pérez se requiere estimar la producción de palma de aceite durante los próximos seis meses. La parcela se llama “La bonita” y tiene una superficie aproximada de

cuatro hectáreas, es una plantación de 10 años y dadas las características de suelos y topográficas, se distinguen al menos dos lotes, el primer lote con “tierras planas” (A) y con una superficie de 1.5 hectáreas, el segundo con “pendiente pronunciada” (B) de 2.5 hectáreas. En el cuadro 1 se muestra la información recabada en campo en el lote A.

CUADRO 1  
REGISTROS DE CAMPO DE LA ESTIMACIÓN  
DE COSECHA DEL LOTE A

| <i>Parcela: La bonita</i>               |              | <i>Lote: Tierras planas (A)</i> |  | <i>Superficie: 1.5 ha</i>           |                                      |
|---|--------------|---------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Actividad: estimación de cosecha</i> |              |                                 |  | <i>Fecha: 15 de febrero de 2012</i> |                                      |
| <i>Lote</i>                             | <i>Línea</i> | <i>Palma</i>                    | <i>Número de inflorescencias femeninas</i> | <i>Número de racimos</i>            | <i>Total estructuras productivas</i> |
| A                                       | 3            | 3                               | 5  | 1                                   | 6                                    |
| A                                       | 3            | 8                               | 4  | 1                                   | 5                                    |
| A                                       | 8            | 3                               | 4  | 4                                   | 8                                    |
| A                                       | 8            | 8                               | 5  | 3                                   | 8                                    |
| A                                       | 8            | 13                              | 3  | 2                                   | 5                                    |
| A                                       | 8            | 18                              | 0  | 0                                   | 0                                    |
| A                                       | 13           | 3                               | 4  | 4                                   | 8                                    |
| A                                       | 13           | 8                               | 5  | 4                                   | 9                                    |
| A                                       | 13           | 13                              | 6  | 3                                   | 9                                    |
| A                                       | 18           | 3                               | 4  | 3                                   | 7                                    |
| A                                       | 18           | 8                               | 5  | 3                                   | 8                                    |
| A                                       | 18           | 13                              | 6  | 3                                   | 9                                    |
| A                                       | 18           | 18                              | 4  | 4                                   | 8                                    |
| A                                       | 23           | 5                               | 5  | 0                                   | 5                                    |
| A                                       | 23           | 10                              | 4  | 0                                   | 4                                    |
| Total                                   |              | 15                              | 64   | 35                                  | 99                                   |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

El cuadro 2 muestra la información recabada en el lote con pendiente pronunciada (B).

CUADRO 2  
REGISTROS DE CAMPO DE LA ESTIMACIÓN  
DE COSECHA DEL LOTE B

| <i>Parcela: La bonita</i>               |              |              | <i>Lote: Pendiente pronunciada (B)</i>     |                                     | <i>Superficie: 2.5 ha</i>            |
|---|--------------|--------------|--|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Actividad: estimación de cosecha</i> |              |              |  | <i>Fecha: 15 de febrero de 2012</i> |                                      |
| <i>Lote</i>                             | <i>Línea</i> | <i>Palma</i> | <i>Número de inflorescencias femeninas</i> | <i>Número de racimos</i>            | <i>Total estructuras productivas</i> |
| B                                       | 3            | 4            | 2  | 2                                   | 4                                    |
| B                                       | 8            | 4            | 2  | 1                                   | 3                                    |
| B                                       | 8            | 9            | 3  | 1                                   | 4                                    |
| B                                       | 8            | 14           | 3  | 1                                   | 4                                    |
| B                                       | 13           | 5            | 4  | 1                                   | 5                                    |
| B                                       | 13           | 13           | 3  | 2                                   | 5                                    |
| B                                       | 13           | 18           | 5  | 1                                   | 6                                    |
| B                                       | 13           | 23           | 4  | 2                                   | 6                                    |
| B                                       | 18           | 4            | 4  | 2                                   | 6                                    |
| B                                       | 18           | 9            | 5  | 0                                   | 5                                    |
| B                                       | 18           | 14           | 6  | 1                                   | 7                                    |
| B                                       | 18           | 19           | 3  | 2                                   | 5                                    |
| B                                       | 18           | 24           | 5  | 3                                   | 8                                    |
| B                                       | 23           | 5            | 3  | 1                                   | 4                                    |
| B                                       | 23           | 10           | 4  | 1                                   | 5                                    |
| B                                       | 23           | 15           | 5  | 1                                   | 6                                    |
| B                                       | 23           | 20           | 4  | 1                                   | 5                                    |
| B                                       | 23           | 25           | 3  | 3                                   | 6                                    |
| B                                       | 28           | 4            | 4  | 1                                   | 5                                    |
| B                                       | 28           | 9            | 6  | 0                                   | 6                                    |
| B                                       | 28           | 14           | 4  | 2                                   | 6                                    |
| B                                       | 28           | 19           | 3  | 3                                   | 6                                    |
| B                                       | 28           | 24           | 6  | 1                                   | 7                                    |
| Total                                   |              | 23           | 91   | 33                                  | 124                                  |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

La información registrada en los dos lotes de la parcela se resume en el cuadro 3. La columna de “Número de palmas por lote” se obtiene con base en la densidad de plantación de

143 palmas  $\text{ha}^{-1}$  y la superficie de cada lote muestreado, esto nos da como resultado 215 palmas en lote A y 358 palmas en el lote B. Por otra parte, es conveniente verificar con el agricultor si se ha registrado muerte de palmas por alguna causa; en dicho caso se resta el número de palmas muertas o erradicadas del total de palmas calculado.

La información que se presenta en el cuadro 3, se obtiene a partir de la sumatoria de las columnas de los cuadros 1 y 2.

CUADRO 3  
RESUMEN DEL NÚMERO DE ESTRUCTURAS  
REPRODUCTIVAS EN LA PARCELA “LA BONITA”

| <i>Parcela: La bonita</i>               |                                  | <i>Superficie de la parcela: 4 ha</i> |  |                          |                                      |
|---|----------------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------------------|
| <i>Actividad: estimación de cosecha</i> |                                  | <i>Fecha: 15 de febrero de 2012</i>   |  |                          |                                      |
| <i>Lote</i>                             | <i>Número de palmas por lote</i> | <i>Palmas por muestra</i>             | <i>Número de inflorescencias femeninas</i> | <i>Número de racimos</i> | <i>Total estructuras productivas</i> |
| A                                       | 215                              | 15                                    | 64   | 35                       | 99                                   |
| B                                       | 358                              | 23                                    | 91   | 33                       | 124                                  |
| Total                                   | 573                              | 38                                    | 155  | 68                       | 223                                  |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Con base en la información resumida en el cuadro 3, se procede a estimar la producción de palma de aceite en la parcela “La bonita” de acuerdo con las fórmulas descritas anteriormente. Los resultados se presentan en el cuadro 4.

El primer cálculo consiste en determinar el número “Total de estructuras del lote”, con base en la siguiente expresión:

$$\text{Total estructuras lote} = \frac{\text{Núm. palmas lote} \times \text{Núm. estructuras por muestra}}{\text{Núm. palmas muestra}}$$

Sustituyendo, tenemos que:

$$\text{Total estructuras lote A} = \frac{(215 \times 99)}{15} = 1,419$$

$$\text{Total estructuras lote B} = \frac{(358 \times 124)}{23} = 1,930$$

Posteriormente, con base en el peso promedio de los racimos (kg/racimo) se calcula la “Producción estimada” del lote en toneladas:

$$\text{Producción estimada (t)} = \frac{[\text{Total estructuras lote} \times \text{Peso promedio racimo (kg)}]}{1,000}$$

Sustituyendo valores:

$$\text{Producción estimada lote A (t)} = \frac{(1419 \times 22.4)}{1,000} = 31.8$$

$$\text{Producción estimada lote B (t)} = \frac{(1930 \times 21.1)}{1,000} = 40.7$$

Es necesario expresar la producción por unidad de superficie, para ello se calcula la “Producción estimada” expresada en t ha<sup>-1</sup>, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Producción estimada (t/ha)} = \frac{(\text{Producción estimada (t)} \times \text{Núm. palmas})}{\text{Núm. palmas del lote}}$$

Sustituyendo valores

$$\text{Producción estimada lote A (t/ha)} = \frac{(31.8 \times 143)}{215} = 21.1$$

$$\text{Producción estimada lote B (t/ha)} = \frac{(40.7 \times 143)}{358} = 16.3$$

Multiplicando la producción promedio de cada lote por la superficie del mismo y sumando estos dos valores se obtiene la producción estimada en las cuatro hectáreas de la parcela “La bonita”, tal como se muestra en la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Producción estimada (t/parcela)} = & (\text{Producción lote 1} \times \text{Superficie lote 1}) + \\ & (\text{Producción lote 2} \times \text{Superficie lote 2}) + \\ & (\text{Producción lote n} \times \text{Superficie lote n}) + \end{aligned}$$

Sustituyendo valores:

$$\text{Producción estimada (t/parcela)} = (21.1 \times 1.5) + (16.3 \times 2.5) = 72.4$$

Posteriormente se calcula la producción promedio por hectárea

$$\text{Producción estimada (t/ha)} = \frac{(72.4)}{4} = 18.1$$

CUADRO 4  
ESTIMACIÓN DE COSECHA EN LA PARCELA “LA BONITA”

| <i>Parcela: La bonita</i>               |                                  |                           |                                      | <i>Superficie de la parcela: 4 ha</i> |                                       |                                |  |
|---|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--|
| <i>Actividad: estimación de cosecha</i> |                                  |                           |                                      | <i>Fecha: 15 de febrero de 2012</i>   |                                       |                                |  |
| <i>Lote</i>                             | <i>Número de palmas por lote</i> | <i>Palmas por muestra</i> | <i>Total estructuras productivas</i> | <i>Total estructuras del lote</i>     | <i>Peso calculado (kg por racimo)</i> | <i>Producción estimada (t)</i> | <i>Producción estimada (t por lote<sup>-1</sup>)</i> |
| A                                       | 215                              | 15                        | 99                                   | 1419                                  | 22.4                                  | 31.8                           | 21.1   |
| B                                       | 358                              | 23                        | 124                                  | 1930                                  | 21.1                                  | 40.7                           | 16.3   |
| Total                                   | 573                              | 38                        | 223                                  | 3349                                  | 21.7                                  |                                | 72.4   |

Nota: Una buena estimación de cosecha es aquella cuyos resultados tienen una diferencia inferior a 3 por ciento con respecto al obtenido en la realidad. Este desfase se evalúa a los seis meses en el caso de palmas adultas, y a los cuatro meses para palmas jóvenes. La selección rigurosa de las palmas a evaluar y el conteo minucioso de inflorescencias y racimos son factores clave en el éxito de la estimación de la cosecha.

Fuente: Elaboración propia.

## Anexos

ANEXO 1  
REGISTROS DE CAMPO DE LA ESTIMACIÓN  
DE COSECHA POR LOTE DE PALMA DE ACEITE

|   |              |              |  |                              |  |
|---|--------------|--------------|--|------------------------------|--|
| <i>Parcela:</i>                         |              |              | <i>Lote:</i>                                       | <i>Superficie:</i>           |  |
| <i>Actividad: estimación de cosecha</i> |              |              |  |                              | <i>Fecha:</i>                            |
| <i>Lote</i>                             | <i>Línea</i> | <i>Palma</i> | <i>Número de<br/>inflorescencias<br/>femeninas</i> | <i>Número de<br/>racimos</i> | <i>Total estructuras<br/>productivas</i> |
| <b>Total</b>                            |              |              |  |                              |  |

Fuente: Adaptado de Franco, 2011.

Total de estructuras productivas (A) = Suma (Inflorescencias femeninas + racimos)

ANEXO 2  
RESUMEN DEL NÚMERO DE ESTRUCTURAS PRODUCTIVAS  
EN LA PARCELA MUESTREADA DE PALMA DE ACEITE

|   |  |                               |  |                                  |  |
|---|--|-------------------------------|--|----------------------------------|--|
| <i>Parcela:</i>                         |  |                               |  | <i>Superficie de la parcela:</i> |  |
| <i>Actividad: estimación de cosecha</i> |  |                               |  |                                  | <i>Fecha:</i>                            |
| <i>Lote</i>                             | <i>Número de<br/>palmas por<br/>lote</i> | <i>Palmas por<br/>muestra</i> | <i>Número de<br/>Inflorescencias<br/>Femeninas</i> | <i>Número de<br/>Racimos</i>     | <i>Total estructuras<br/>productivas</i> |
| <b>Total</b>                            |  |                               |  |                                  |  |

Fuente: Adaptado de Franco, 2011.

$$\text{Total estructuras lote} = \frac{(\text{Núm. palmas lote} \times \text{Núm. estructuras por muestra})}{\text{Núm. palmas muestra}}$$

## ANEXO 3

ESTIMACIÓN DE COSECHA EN LA PARCELA  
MUESTREADA DE PALMA DE ACEITE

|   |                                  |                           |   |                                      |                                       |                                    |   |
|---|----------------------------------|---------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| <i>Parcela:</i>                         |                                  |                           |   | <i>Superficie de la parcela:</i>     |                                       |                                    |   |
| <i>Actividad: estimación de cosecha</i> |                                  |                           |   |                                      |                                       | <i>Fecha:</i>                      |   |
|   | <i>Número de palmas por lote</i> | <i>Palmas por muestra</i> | <i>Total de estructuras productivas</i> | <i>Total de estructuras del lote</i> | <i>Peso calculado (kg por racimo)</i> | <i>Producción estimada (t) (C)</i> | <i>Producción estimada (t por lote) (D)</i> |
| <i>Lote</i>                             |                                  |                           |   |                                      |                                       |                                    |   |

Total

Fuente: Adaptado de Franco, 2011.

$$(C) \text{ Producción estimada (t/ha)} = \frac{[\text{Total estructuras lote} \times \text{Peso promedio racimo (kg)}]}{1,000}$$

$$(D) \text{ Producción estimada (t/lote)} = \frac{\text{Producción estimada (t)} \times \text{Núm. palma (ha)}}{\text{Núm. palmas del lote}}$$

## Fuentes consultadas

Cofupro (Coordinadora Nacional de Fundaciones Produce); Fuprocam (Fundación Produce Campeche); INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) (2003), *Cadena agroalimentaria e industrial de la palma de aceite*, Campeche, México, 86 pp.

FRANCO B., P. N. (2011), *Curso teórico práctico sobre nutrición en palma aceitera, memoria del curso*, Acayucan, Veracruz, 5 al 11 de septiembre.

- Siacon (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta) (2010), *Estadísticas de la palma africana o palma de aceite en México*, disponible en <http://www.siap.gob.mx/index>
- VELÁZQUEZ, M., J. R., y A. Gómez V. (2010), *Palma africana en Tabasco: resultados de investigación*, Villahermosa, Tabasco, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 225 pp.

# Estimación de cosecha de hule

Julio Díaz-José,\* César Aguirre-Ríos,\*\*

Roberto Rendón-Medel\*

## Introducción

El 99 por ciento de hule natural en el mundo es producido por el árbol de hule (*Hevea brasiliensis*), éste soporta una rama industrial estratégica a nivel mundial. El producto de los árboles de hule es, en su forma líquida, el látex, y sólida, el hule, la primera es una sustancia que se encuentra en los conductos lactíferos de la corteza y se utiliza principalmente para la fabricación de neumáticos, y también para diversos productos farmacéuticos, deportivos, entre otros, está presente por lo menos en 40 mil artículos. El hule natural lo producen principalmente pequeños cultivadores de países en desarrollo de Asia, África y América Latina (Prabhakaran, 2010). De acuerdo con el International Rubber Study Group (IRSG), la producción mundial en 2011 fue de 10.98 millones de toneladas, de las cuales Asia produjo 93 por ciento. En México se dispone de importantes áreas con suelos y climas propicios para el desarrollo del hule Hevea, se tiene un registro del alto potencial para el hule natural, 474 mil hectáreas, en los estados de Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Tabasco (SIAP, 2009). La participación de México en la superficie cultivada de hule en el mercado internacional es baja, esta actividad involucra

\* CIESTAAM-UACH. Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo.

\*\* Asesor Técnico del Programa Estratégico Trópico Húmedo, Sagarpa.

aproximadamente a 7 mil productores que cultivan cerca de 37,094 hectáreas en 2011.

A pesar de la importancia del cultivo del hule, en México no se tiene información para la estimación de rendimientos en campo dada la complejidad del cultivo y diversidad de clones y condiciones climatológicas. Sin embargo, las Agencias para la Gestión de Innovación (AGI)<sup>1</sup> cuentan con información colectada en campo para cada una de las regiones en las que están establecidas. La propuesta en esta sección es tomar como base esta información a fin de permitir hacer una mejor estimación de la cosecha del hule natural.

Por ello, se tiene como objetivo diseñar una herramienta metodológica para el cálculo aproximado de cosecha en campo que permita determinar mejor los rendimientos en las distintas regiones y para los diferentes clones del país, así como una base para la estimación a futuro de las plantaciones establecidas en la actualidad.

## **Factores que afectan el rendimiento del cultivo de hule**

### *Factores ambientales*

#### a) Temperatura.

La temperatura óptima media anual es de 23 a 28 °C, y es la que recomienda el INIFAP en su paquete tecnológico. En aquellos lugares donde la temperatura permanece por debajo de los 18 °C o sobrepasa los 35 por varias semanas, el desarrollo del árbol se retrasará, eso afectará su crecimiento y rendimiento anual (Cruz *et al.*, 1993).

#### b) Precipitación.

Una precipitación pluvial anual de 2 a 4 mil milímetros se considera adecuada siempre y cuando se encuentre bien distri-

<sup>1</sup> Las AGI se consideran el principal instrumento de política de extensión para la producción de hule natural en México.

buida durante los meses del año, ya que si la precipitación se mantiene por debajo de los 100 milímetros mensuales durante más de cinco meses, el cultivo sufre un retraso de más o menos dos años para poder iniciar su explotación. Los lugares con más de cuatro meses de sequía continuos deben considerarse marginales para este cultivo y probablemente no deberán utilizarse (Cruz *et al.*, 1993).

c) Vientos.

Se recomienda no establecer plantaciones en lugares donde predominan vientos fuertes o hay presencia de huracanes, ya que los árboles de hule poseen una madera muy blanda por lo que sus ramas y troncos se quiebran fácilmente. Aquellas regiones en donde incidan vientos con velocidades mayores de 90 km h<sup>-1</sup>, deben descartarse para fines de producción.

d) Suelos.

Este cultivo prospera bajo los diferentes tipos de suelos ácidos existentes en el trópico húmedo, aunque su mayor desarrollo lo obtiene en suelos de textura franco a franco arcilloso (se recomienda evitar suelos demasiados arenosos por su baja retención de humedad y deficiente anclaje de los árboles, de igual manera se deben evitar los suelos pesados ya que ocasionan un deficiente desarrollo radicular de los árboles). Es conveniente buscar preferentemente suelos ácidos con un pH de 4.5 a 5.5. Los mejores suelos para el desarrollo del cultivo son los luvisoles y los acrisoles.

Las características físicas del suelo son más importantes que su fertilidad o su composición química. Si el árbol del hule logra desarrollar ampliamente su sistema radicular (raíces), se puede afirmar que el cultivo tendrá un buen desarrollo. Un buen drenaje del suelo es un requisito básico.

### *Factores productivos*

En algunos sistemas de pica se realiza diariamente la extracción del látex forzando fisiológicamente a los árboles al aplicar un san-

grado tan intenso, desgastando el panel de pica más rápido y por consiguiente disminuyen la corteza a la mitad, y con esto la vida productiva de la plantación (Izquierdo *et al.*, 2011).

En las plantaciones de hule se presentan algunas deficiencias en la realización de la pica, se menciona que en algunos casos se ha llegado a picar a las tres de la tarde, cuando el árbol aún no presenta las condiciones fisiológicas para que los vasos laticíferos se abran y viertan el látex. Estos malos sistemas de pica ocasionan consumo acelerado de tablero y daños en la profundidad del corte de pica, lo que ocasiona poca regeneración del tablero, lo que incrementa la posibilidad de presencia de enfermedades fungosas. Por lo tanto, la selección de un sistema de pica apropiado a cada clon y la edad de la plantación es un importante factor productivo para el hule (Izquierdo *et al.*, 2011).

### Método de estimación de rendimiento

De acuerdo con Aceves *et al.* (2008), los rendimientos de hule a nivel nacional fluctúan entre 1.85 y 1.98 t ha<sup>-1</sup>, Chiapas reporta el mayor rendimiento con 2.43 t ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, existe poca literatura que refiera la estimación de rendimiento en campo para plantaciones de hule, ya que están presentes diversas variables tanto agroclimáticas como edáficas, así como el tipo de clon y otros aspectos físicos de la plantación relacionados con el diámetro, altura, sistema de pica, entre los más importantes. En México, los modelos de regresión se han aplicado como un intento de determinar rendimientos en producción de látex (Martínez *et al.*, 2002).

La propuesta de estimación de cosecha que se plantea en el presente trabajo contempla seis etapas que a continuación se mencionan:

1. Densidad de plantación.
2. Distribución de sitios de muestreo.
3. Medición de la cantidad de coágulo/diámetro.

4. Cálculo del volumen de producción mensual.
5. Cálculo de los factores de ajuste de estacionalidad.
6. Estimación del volumen de producción anual.

### *Materiales de campo*

- Balanza/báscula
- Cuerda de 15 metros
- Cinta métrica
- Calculadora
- Formato para el levantamiento de datos
- Bolsas de plástico
- Cubeta de plástico
- Alambroón para hacer ganchos para el hule coágulo

### *Densidad de plantación y número de árboles de muestreo*

La densidad de las plantaciones de hule en México varía de acuerdo con la región; Ortiz (2011) recomienda 476 plantas por hectárea. Para definir el número de árboles a muestrear en una plantación se necesita saber la densidad de plantación y la distribución en el terreno.

El cuadro 1 muestra el número de plantas por hectárea que se puede encontrar en una plantación de hule característica del trópico húmedo mexicano, que oscila entre 417 a 556 árboles, así como el número de árboles a muestrear de acuerdo con la superficie del predio y el arreglo topológico. Así, para una hectárea, con un arreglo de  $6 \times 3$  metros de distancia en plantaciones, se pueden tener 556 plantas por hectárea y 110 árboles para la toma de datos.

Se utiliza un muestreo simple al azar:

$$n = \frac{NZ^2 / S_y^2}{N\delta + Z^2 / S_y^2}$$

Donde:

$n$  es igual al tamaño de la muestra,  $N$  es la población,  $\delta$  la precisión y  $S^2$  la varianza.

La precisión establecida para el cálculo de la muestra es de 0.15.

CUADRO 1  
DENSIDAD DE PLANTACIONES EN EL CULTIVO  
DEL HULE EN MÉXICO Y TAMAÑO DE MUESTRA

| <i>Descripción</i>     |                          | <i>Arreglo topológico y densidades</i> |                  |                |
|------------------------|--------------------------|--|------------------|----------------|
| <i>Superficie (ha)</i> | <i>Número de plantas</i> | <i>6 × 3 m</i>                         | <i>6 × 3.5 m</i> | <i>6 × 4 m</i> |
|                        |                          | 556                                    | 476              | 417            |
| 1                      | 556-417                  | 110                                    | 106              | 103            |
| 2                      | 1,111-833                | 122                                    | 119              | 117            |
| 3                      | 1,666-1,250              | 126                                    | 125              | 123            |

Fuente: Elaboración propia.

#### *Distribución de los sitios de muestreo*

Para un ejemplo de una plantación con una densidad de  $6 \times 3$  metros (18 metros cuadrados) y una muestra de 126 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , se hace lo siguiente:

$$126 \times 18 = 2,268 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, se requiere muestrear una superficie de 2,268 metros cuadrados considerando la superficie de sitios con el máximo número de plantas. Para la distribución de los sitios de muestreo se utiliza el “cinco de oros”, tomando en cuenta la irregularidad en la distribución de las plantaciones, en una superficie de  $2,268 \text{ m}^2/\text{cinco de oros} = 453.6$ , lo cual indica que para completar el número de árboles se requiere muestrear cinco sitios de 454 metros cuadrados.

Dado que se va a trabajar con sitios circulares, se necesita una forma práctica de cubrir 454 metros cuadrados, ya que se deberán

tomar los datos de todos los árboles de hule que caen dentro del círculo. Una forma de hacerlo es aplicando la formula general del área del círculo:

$$A = \pi r^2$$

Puesto que el área ya se conoce (454 m<sup>2</sup>), así como  $\pi = 3.1416$ , lo que se pretende conocer es el radio  $r$ , para encontrarlo se realiza el siguiente paso:

Por lo tanto, si despejamos  $r$

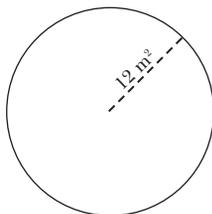
$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Sustituyendo el ejemplo

$$r = \sqrt{\frac{454 \text{ m}^2}{3.1416}} = 12 \text{ m}$$

De acuerdo con el resultado obtenido, se requiere tomar una cuerda de 12 metros tal como se muestra en la figura 1. Para el ejemplo planteado, se marca un sitio circular con una superficie de 454 metros cuadrados, realizando cinco sitios de este tipo se completarían los 2,268 metros cuadrados necesarios que contienen los 126 árboles de hule a los que se les tomarán los datos.

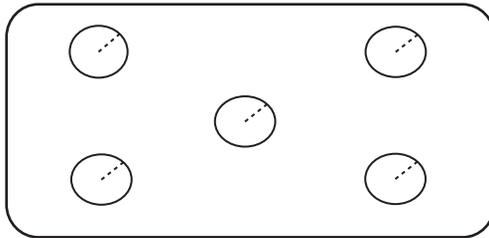
FIGURA 1  
SITIO CIRCULAR DE MUESTREO DE 454 M<sup>2</sup>



Fuente: Elaboración propia.

Una vez definidos los sitios de muestreo, se distribuyen mediante el método de cinco de oros (véase figura 2) para levantar la información.

FIGURA 2  
DISTRIBUCIÓN DE LOS SITIOS  
DE MUESTREO EN CINCO DE OROS



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la mayoría de plantaciones de hule, que se establecen a diferentes densidades, de 417 a 556 árboles o hectárea y éstos están plantados en hileras cada tres o cuatro metros cada uno, también se pueden tomar los datos en cada línea de la plantación, cumpliendo con la misma cantidad de árboles determinados anteriormente de 103 a 126 árboles y registrando la información de cada cuatro o cinco árboles siguiendo la línea de plantación (556 árboles entre 126 resultan 4.4 árboles), eliminando aquellos árboles que estén en las orillas para omitir el efecto orilla.

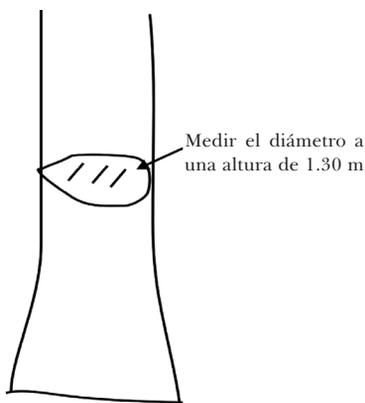
#### *Levantamiento de datos*

1. Se mide el diámetro del árbol a una altura de 1.30 metros para estimar el desarrollo del árbol y su edad, ya que estas variables se encuentran directamente relacionadas con la cantidad de látex producido (véase figura 3).
2. Se pesa la cantidad de coágulo de hule limpio y greña que queda en la taza, retirando el suero que surge de la coagu-

lación del látex después de 24 horas. Se debe agregar en el momento de la pica la greña, liga o chipa que se retira del canal de pica, hay que agregarla a la taza con el látex que va a caer para que se mezcle y se pese, ya que ésta muestra un porcentaje representativo que puede afectar los cálculos en el pesado.

3. Por último, se registran los datos en el formato que se encuentra en el anexo 1.

FIGURA 3  
ESQUEMA DE ALTURA PARA MEDIR DIÁMETRO  
EN ÁRBOLES DE HULE



Fuente: Elaboración propia.

#### *Cálculo para el factor de ajuste de estacionalidad*

Para el cálculo anual de producción, el primer paso es determinar el factor de ajuste mensual (FAM) a partir de las bases de datos históricos de producción de hule (véase cuadro 2).

$$FAM = \frac{P_{mi} \times 100}{P_a}$$

Donde:

Pm es la producción de coágulo en el mes *i*, y Pa es la producción anual de coágulo como la suma de la producción mensual en la región para un determinado clon.

CUADRO 2  
CÁLCULO DEL FACTOR DE AJUSTE MENSUAL

| Variables | Mes  |      |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      | Anual |
|-----------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|
|           | E    | F    | M   | A   | M   | J   | J   | A   | S   | O    | N    | D    |       |
| Promedio  | 284  | 242  | 190 | 52  | 33  | 85  | 75  | 107 | 118 | 220  | 263  | 282  | 1,955 |
| Mensual   | 2    | 4    | 3   | 2   | 2   | 3   | 4   | 6   | 1   | 7    | 5    | 6    | 6     |
| FAM       | 14.5 | 12.4 | 9.7 | 2.7 | 1.7 | 4.4 | 3.9 | 5.5 | 6.0 | 11.3 | 13.5 | 14.4 | 100.0 |

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se tiene el FAM se puede continuar con la estimación del volumen de producción mensual y anual.

#### *Estimación de volumen de producción anual*

Para estimar el volumen de producción anual se tiene lo siguiente:

$$VAE = \frac{VME \times 100}{FAM}$$

Donde:

VME = Volumen mensual estimado.

VAE = Volumen anual estimado.

FAM = Factor de ajuste mensual obtenido de la tabla construida a partir de las bases de datos disponibles.

Ahora bien, el volumen mensual estimado (VME) resulta de:

VME = Peso de coágulo obtenido por el número de picas al mes.

Una vez que se tienen el factor de ajuste mensual y el valor mensual estimado, se pueden calcular el valor mensual y anual,

como se muestra en el cuadro 3, donde se tiene un rendimiento aproximado de 1,266.9 kilogramos en este ejemplo.

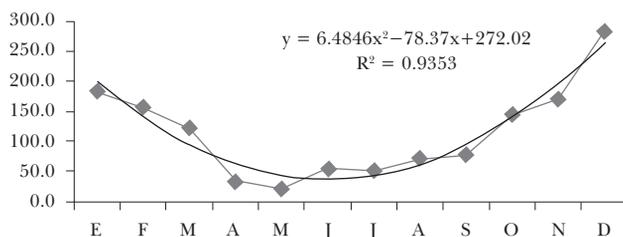
CUADRO 3  
ESTIMACIÓN ANUAL DE COSECHA

| <i>Mes</i> | <i>FAM</i> | <i>VME</i> | <i>Producción mensual/anual</i> |
|------------|------------|------------|---------------------------------|
| Enero      | 14.5       |            | 184.1                           |
| Febrero    | 12.4       | 157        | 157.0                           |
| Marzo      | 9.7        |            | 123.3                           |
| Abril      | 2.7        |            | 33.8                            |
| Mayo       | 1.7        |            | 21.5                            |
| Junio      | 4.4        |            | 55.2                            |
| Julio      | 3.9        |            | 48.9                            |
| Agosto     | 5.5        |            | 69.7                            |
| Septiembre | 6.0        |            | 76.5                            |
| Octubre    | 11.3       |            | 143.0                           |
| Noviembre  | 13.5       |            | 170.7                           |
| Diciembre  | 14.4       |            | 183.1                           |
| Anual      | 100.0      |            | 1,266.9                         |

Fuente: Elaboración propia.

Con la información obtenida, el siguiente paso es sacar la curva de producción anual por clon, edad y región bajo condiciones agroclimáticas y edáficas más o menos similares (véase figura 4).

FIGURA 4  
CURVA DE PRODUCCIÓN ANUAL DEL CULTIVO DE HULE



Fuente: Elaboración propia.

Esta información permite tomar decisiones relacionadas con la planeación para el establecimiento del cultivo, identificar mejores clones adaptados a las diferentes regiones, oferta y demanda de producto y estimar de forma más precisa los rendimientos económicos para los productores.

La estimación de cosecha requiere, según la bitácora (véase anexo 3), medir el diámetro y pesar la producción de coágulo de cada árbol, y debido a que normalmente se junta toda la producción del hule coágulo para su venta, se deberá manejar diferente la producción dejando que el látex escurrido, el cual luego se convierte en hule coágulo en cada tasa, se coagule naturalmente; se deberá colgar enganchado en un alambre rígido (véase figura 5), en cada árbol que se esté muestreando, y numerarlas para pesarlas en una báscula precisa en fracciones de kilogramos.

FIGURA 5  
PRODUCCIÓN DE COÁGULO DE CADA ÁRBOL



Fuente: Fotografía tomada en campo.

## Anexos

### ANEXO 1

Bitácora de registro para el cálculo de rendimientos

#### Formato de estimación de cosecha de hule

Fecha I\_I I\_I I\_I  
dd mm aa

Nombre del productor \_\_\_\_\_  
 Nombre del responsable \_\_\_\_\_  
 Comunidad \_\_\_\_\_  
 Municipio \_\_\_\_\_  
 Superficie (ha) \_\_\_\_\_  
 Distancia entre árboles \_\_\_\_\_  
 Número de árboles ha<sup>-1</sup> \_\_\_\_\_  
 Clon \_\_\_\_\_  
 Edad de la plantación \_\_\_\_\_

Registrar el peso del coágulo  
 escurrido y el diámetro para cada  
 uno de los árboles seleccionados  
 por sitio

| Sitios/medición |               | Árboles |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Total/<br>sitio |
|-----------------|---------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|
|                 |               | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |                 |
| Sitio 1         | Peso (gr)     |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                 |
|                 | Diámetro (cm) |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                 |
| Sitio 2         | Peso (gr)     |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                 |
|                 | Diámetro (cm) |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                 |
| Sitio 3         | Peso (gr)     |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                 |
|                 | Diámetro (cm) |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                 |
| Sitio 4         | Peso (gr)     |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                 |
|                 | Diámetro (cm) |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                 |

Nota: Para efecto del registro de datos en campo se deberá hacer un ajuste en el número de celdas, considerando tomar datos entre 103 y 126 árboles por hectárea y el cuadro sólo ilustra cómo debe estructurarse.

## Fuentes consultadas

- ACEVES L., J.F. Juárez L., D.J. Palma L. y R. López L. (2008), *Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del hule (Hevea brasiliensis Muell Arg.) en el estado de Tabasco*, Gobierno del Estado de Tabasco, 36 pp.
- CRUZ M., A., A. Gómez A., M. Obando. R. Martínez y R.C. Muñoz (1993), *El hule (Hevea brasiliensis)*, Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Nicaragua, pp. 1-3.
- IZQUIERDO B., H.D., Z. Domínguez M., M. Martínez P. *et al.* (2011), “Problemática en los procesos de producción de la plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis Muell Arg.*)”, en *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Tabasco, México, núm. 14, pp. 513-524.
- MARTÍNEZ R., G.E., J. Jasso M.J., A. Vargas H. *et al.* (2002), “Predicción de la producción de látex en plantaciones comerciales de hule (*Hevea brasiliensis Muell. Arg.*)”, en *Revista Fitotecnia Mexicana*, Oaxaca, México, año 26, núm. 3, pp. 183-190.
- ORTIZ, E. (2011), *Paquete tecnológico del hule (Hevea brasiliensis Muell Arg.) establecimiento y mantenimiento preoperativo*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México.
- PRABHAKARAN N., K.P. (2010), *Rubber (Hevea brasiliensis). The Agronomy and Economy of Important Tree Crops of the Developing World*, Elsevier, Londres, pp. 237-273.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2009), *Estadística de hule en México*, disponible en [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=202&Itemid=86](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=202&Itemid=86)

# Estimación de cosecha de vainilla

Ariadna Isabel Barrera-Rodríguez,

Vinicio Horacio Santoyo-Cortés\*

## Introducción

La producción de vainilla (*Vanilla planifolia* J.) es una actividad con trascendencia socioeconómica y cultural en México. De acuerdo con la FAO (2012), para 2010 los principales países productores de este cultivo, en orden de importancia, fueron; Indonesia, Madagascar, China y México con 36, 28, 19 y 6 por ciento, respectivamente. A nivel nacional, la producción de vainilla para 2011 (SIAP, 2012) se concentró en tan sólo cuatro estados, el primer lugar lo ocupó Veracruz, con una participación de 52 por ciento en la región de Totonacapan, seguido de Puebla, Oaxaca y San Luis Potosí con una participación de 22, 20 y 6 por ciento, respectivamente, de la producción nacional. Cabe destacar que la producción de vainilla en México depende de pequeños productores, quienes cuentan con escasa superficie (un cuarto a media hectárea) y bajo nivel de tecnificación (sistemas de riego, prevención y control de plagas y enfermedades, control de calidad, manejo poscosecha, y nutrición).

El objetivo de hacer estimaciones de cosecha es incrementar la certidumbre respecto al volumen de producción que impacta

\* CIESTAAM-UACH. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo.

el mercado y genera fluctuaciones de precio, información que les permite:

- Mejorar las condiciones de venta.
- La posibilidad de comprometerse mediante acuerdos de agricultura por contrato, o desarrollo de proveedores para la agroindustria.

Las variables empleadas para la estimación de cosecha son de tipo técnico productivos: superficie de la plantación, densidad de plantas, intensidad de floración, carga frutal que está definida por el número de macetas por planta y el número de frutos por maceta.

### **Características técnico-productivas del sistema de manejo de vainilla**

La especie de vainilla crece en clima trópico húmedo que van desde el nivel del mar hasta 600 msnm, con una precipitación del orden de los 2 mil milímetros anuales y una humedad relativa de 80 por ciento, suficientes para un adecuado desarrollo y producción. El origen geológico del suelo de un vainillal no es importante, pero sí es determinante la abundancia de humus que se incorpora mediante la materia orgánica. El humus protege las raíces del sol, evita la evaporación y erosión del suelo; además, es la principal fuente nutricional de la planta. Los suelos deben estar bien drenados, pues las inundaciones prolongadas ocasionan la pérdida en las plantaciones de vainilla, debido a la incidencia de problemas fungosos que atacan principalmente raíz y tallo. El pH óptimo es de seis a siete.

La vainilla florece una vez al año. La época de floración es variable en los diferentes países, pero una vez que se presenta, es simultánea en el área. Ocasionalmente, las plantas florecen entre los meses de marzo y mayo, a partir del tercer año de

edad, aproximadamente después de la siembra. Se menciona que si se plantan esquejes más largos, florecen antes. La floración es aparentemente inducida por las bajas temperaturas invernales, seguidas de condiciones muy iluminadas en la primavera.

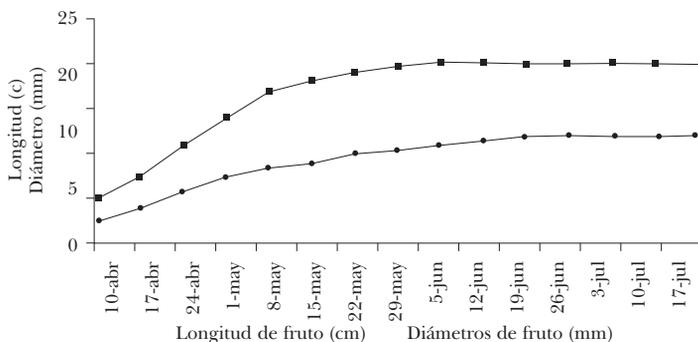
Las inflorescencias son racimos florales, llamados coloquialmente “macetas”, crecen en las axilas o base de las hojas, por lo general, son simples, de cinco a ocho centímetros de longitud, con 15 o 20 botones florales, los cuales abren en forma escalonada. Cada planta de vainilla desarrolla de 10 a 15 macetas, mismas que se convierte en racimos frutales.

El porcentaje de plantas que florecen varía a través de los años, inicialmente es reducido y va aumentando en los años siguientes. El mayor porcentaje se obtiene en la tercera floración, que ocurre en el cuarto o quinto año después de la plantación; en los siguientes años, éste comienza a disminuir porque algunas plantas se debilitan principalmente por enfermedades, de ahí, la importancia de renovar el vainillal induciendo el desarrollo de nuevas plantas (Hernández, 2010).

La flor de vainilla abre por la mañana y tiene una vida útil corta, por eso la polinización se debe practicar durante ese periodo, comúnmente en las primeras horas del día. En pocos días, el ovario duplica su longitud, alcanza su tamaño normal en mes y medio (junio y julio) después de la fecundación (véase figura 1). El número de flores que deben polinizarse depende del vigor y sanidad de la planta (características que se relacionan con el estado de nutrición de la vainilla), lo que también influye en el tamaño y la maduración de la vaina. Los productores señalan que si el vainillal no recibe la aplicación de nutrientes y humedad suficiente, es mejor polinizar pocas flores a fin de que maduren y tenga posibilidad de continuar dando flores los años siguientes. Sin embargo, polinizar un adecuado número de flores por maceta no determina por sí un mayor rendimiento, pues se requiere que la polinización se realice de manera correcta para que se alcance la fecundación y la vaina se desarrolle. Se recomienda polini-



FIGURA 2  
CURVA DE CRECIMIENTO (LONGITUD Y DIÁMETRO)  
DE LA VAINA VERDE DE VAINILLA



Fuente: Hernández, 2010.

La cosecha se realiza en el mes de diciembre, cuando el fruto alcanza la madurez comercial; esto es, cuando el ápice o punta del fruto cambia de color verde a amarillo. Si los frutos se cosechan antes de su madurez, serán de menor peso, más susceptibles al ataque de hongos y, una vez beneficiados, resultarán con un menor contenido de vainilla (Trioller, 1980).

### *Sistemas de producción*

La región de Totonacapan es la productora más importante de vainilla a nivel nacional, se caracteriza por una diferenciación en los sistemas de producción de vainilla verde, que responden a factores agroclimáticos, tecnológicos y económicos de la zona. Los productores cuentan con pequeñas superficies que van de 0.250 a 0.500 hectáreas en promedio. En Totonacapan existen cuatro sistemas de producción de vainilla: en achual (tradicional), que ocupa el 16 por ciento de la superficie; bajo sombra de pichoco (*Eriquina* sp.), el 36 por ciento; naranjo (*Citrus sinensis* L. Osbeck), el 44 por ciento; y malla (con 50 por ciento de luminosidad), sólo

4 por ciento; cada uno de ellos muestra un nivel de tecnificación y el uso de conocimiento tradicional en el manejo del cultivo (véase cuadro 1).

CUADRO 1  
CARACTERÍSTICAS TÉCNICO-PRODUCTIVAS  
DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE VAINILLA

| Sistema de producción | Tipo de tutor                          | Distancia de plantación                         |                | Esquejes  |                 |
|-----------------------|--|---|----------------|-----------|-----------------|
|                       |  | Tutores por ha                                  | Tutores por ha | por tutor | Esquejes por ha |
| Achual                | Varias especies<br>Pichoco, chalahuite | Variable  | 500 a 1,000    | 1         | 500 a 1,500     |
| Pichoco-cocuile       | y otras especies<br>nativas            | 1 × 1 m; 2 × 2 m;<br>3 × 3 m<br>4 × 4m; 5 × 5m; | 1,100 a 8,100  | 1 a 2     | 2,200 a 8,100   |
| Naranja               | Naranja<br>Postes de bambú,            | 6 × 6 m   | 290 a 625      | 4 a 6     | 1,176 a 2,780   |
| Casa<br>sombra*       | metal, madera y<br>tutores vivos       | 1 × 1 m; 2 × 2 m                                | 266 a 1,000    | 7         | 1,860 a 7,000   |

\* La superficie de la plantación es de 1,000 m<sup>2</sup>.

Fuente: Elaborado a partir de Hernández, 2010, adaptado por Barrera *et al.*, 2009.

El rendimiento promedio en la región para el sistema de producción bajo naranja es de 230 kg/ha<sup>-1</sup>, y en malla sombra, de 435 kg/0.1 ha<sup>-1</sup>. Estos rendimientos se consideran bajos, comparados con el rendimiento óptimo mostrado en el cuadro 2, debido a que una planta de vainilla bien atendida produce un kilogramo de vainas verdes, con promedio de 1,234 plantas/hectárea para el primer sistema y 1,862 plantas/hectárea para el segundo (Barrera *et al.*, 2009). Mediante la consulta a un especialista en el tema, se considera que la producción óptima en una hectárea debe ser de una tonelada.

Existen cuatro categorías (gourmet, primera, segunda y zacatillo) establecidas en función de la longitud de los frutos, la cual determina el peso de cada vaina y, por tanto, el número de vainas por kilogramo de vainilla en verde. Cabe destacar que estas características definen la equivalencia de vainilla verde a vainilla bene-

ficiada. A menor calidad del fruto, se requieren más kilos de vainilla verde (véase cuadro 3).

CUADRO 2  
RENDIMIENTOS ÓPTIMOS DE LOS SISTEMAS  
DE PRODUCCIÓN DE VAINILLA

| <i>Sistema de producción</i>        | <i>Rendimiento óptimo de frutos<br/>(kg/planta<sup>-1</sup>)</i> | <i>Rendimiento óptimo de<br/>frutos (kg/ha<sup>-1</sup>)</i> |
|-------------------------------------|--|--|
| Tradicional (acahual)               | 0.25 a 1.0   | 50 a 500   |
| Pichoco-cocuite                     | 0.5 a 3.0  | 1,400 a 3,000  |
| Naranja                             | 1.8 a 5.0  | 925 a 2,500  |
| Casa sombra (1,000 m <sup>2</sup> ) | 0.25 a 1.0   | 50 a 514   |

Nota: Rendimiento de vainilla verde en plena producción del cultivo.  
Fuente: Hernández, 2010.

CUADRO 3  
TAMAÑO Y PESO DE LAS VAINAS  
DE VAINILLA EN VERDE

| <i>Frutos de <i>V. planifolia</i><br/>J. por clase</i> | <i>Tamaño promedio<br/>de frutos verdes<br/>(cm)</i> | <i>Número de<br/>frutos verdes<br/>por (kg)</i> | <i>Peso promedio<br/>de un fruto<br/>verde (gr)</i> | <i>Relación de<br/>vainilla verde y<br/>beneficiada</i> |
|--|--|---|---|---|
| Extra o gourmet (Primera)                              | 18   | 29  | 34.3  | 04:01   |
| Superior (Segundo)                                     | 16 a 18  | 32  | 31.25   | 05:01   |
| Mediana (Colas)  | 13 a 14  | 39  | 25.45   | 07:01   |
| Ordinaria (Zacatillo)                                  | 12   | 43  | 23.34   | 08:01   |

Fuente: Díaz-Bautista, 2013. Tesis Doctoral.

### Factores que inciden en el rendimiento

La variabilidad de rendimientos de las plantaciones se debe a diversas causas de orden técnico-productivo, entre las que encontramos:

- Alta incidencia de enfermedades y plagas. Entre las enfermedades más comunes se encuentran la pudrición de raíz

(*Fusarium oxysporum* f. sp. *Vanillae*) y antracnosis (*Colletotrichum gloeosporoides*), que tienen un alto impacto en términos de rendimiento. Respecto a las plagas, las de mayor importancia son la chinche roja (*Tenthercoris confusus*) y el gusano peludo (*Plusia aurifera*). Las enfermedades son uno de los principales factores que dañan y reducen la producción y la vida productiva de un vainillal; inciden mayormente en los sistemas tradicionales, donde se cultiva sin ningún control, y también en plantaciones de mayor edad, generalmente a partir de los cuatro años, una vez que las plantas comienzan a producir frutos.

- Factores climáticos. Existen problemas derivados del cambio climático y de las extremas temperaturas, como las quemaduras de ápices (capado de cogollos) lo que evita que la planta crezca; y quemaduras de la planta por el sol, se advierte por el amarillamiento del haz de la hoja que después se seca completamente (Hernández, 2010).
- Adecuadas prácticas de manejo del cultivo. Comienzan desde la selección del esqueje, se requieren plantas vigorosas. Realizar el podado del tutor y de la planta que permita ventilación y humedad adecuadas para su óptimo crecimiento. De igual forma, las labores de encauzamiento y polinización son fundamentales para garantizar el prendimiento de las inflorescencias (flores polinizadas). No hacerlos en forma adecuada afecta los rendimientos.
- Deficiente nutrición de la planta. No existe una determinación de los requerimientos nutrimentales del cultivo, por lo que algunas investigaciones atribuyen a este factor la caída del fruto precoz.
- Síndrome de caída prematura del fruto (CPF), el cual empezó a manifestarse de manera importante en el Totonacapan en junio de 2005, se observaron numerosas caídas de frutos pocos meses después de la polinización (50 por ciento de los frutos tiernos). El primer síntoma que anuncia la CPF es el color amarillento de los frutos tiernos, generalmente a los dos meses después de la polinización (ddp). Los frutos se sienten vanos y al abrirlos se observa que no tienen semillas

(o muy pocas) y que la cavidad central de la cápsula está vacía. Después, estos frutos caen y se tornan de color café oscuro, iniciando por la parte apical hasta que el fruto queda totalmente café oscuro y seco. Generalmente, los frutos que se amarillan y abortan son los que se les ha caído precozmente la colilla, 3-4 semanas ddp. Pueden caer frutos pequeños (10 a 15 centímetros) o grandes (15 a 20 centímetros) que han alcanzado su tamaño normal (Hernández y Lubinsky, 2010; citado por Hernández, 2010). En parcelas afectadas por un alto porcentaje de CPF, los frutos que quedan cogidos al raquis son generalmente de un tamaño reducido (10 a 15 centímetros) y curvos. Ocurre sin embargo que se mantengan frutos de buen tamaño (15 a 20 centímetros) en raquis afectos por CPF.

## Materiales y métodos

Se recomienda hacer la estimación de cosecha dos meses después de la polinización, dado que es el momento en el que los frutos alcanzaron su crecimiento total, y puede determinarse el mayor porcentaje de amarre de los mismos. La estimación de cosecha en plantaciones de vainilla se desarrolla en cinco etapas:

1. Determinar número de tutores a muestrear en la plantación.
2. Seleccionar los tutores a muestrear dentro de la plantación.
3. Recopilar en cada tutor seleccionado la siguiente información: número de plantas en el tutor, número de macetas por planta, y número de vainas por maceta.
4. Calcular la producción por tutor, con base en la información de la etapa anterior considerando un peso promedio de una vaina a la madurez de 28.5 gramos (Díaz-Bautista, 2013) y una pérdida por diversos factores de 10 por ciento, tales como la caída prematura de fruto, plagas y enfermedades, etcétera (Hernández, 2010).
5. Estimar la producción de la plantación multiplicando la producción por tutor por el total de tutores en la superficie muestreada.

### Determinación del número de tutores a muestrear

El número de árboles a muestrear se calculó con base en un muestreo simple aleatorio con una probabilidad del 80 por ciento y una precisión del 5 por ciento (Santoyo *et al.*, 2002) (véase cuadro 4).

CUADRO 4  
NÚMERO DE TUTORES A MUESTREAR POR HECTÁREA

| <i>Número de tutores/ha en la plantación</i> | <i>Número de tutores a muestrear/ha</i> |
|--|---|
| Hasta 200                                    | 33% de la plantación                    |
| 200-500                                      | 62                                      |
| 501-1,000                                    | 69                                      |
| 1,001-2,000                                  | 73                                      |
| 2,001-4000                                   | 75                                      |
| Más de 4,000                                 | 76                                      |

Fuente: Elaboración propia.

### Selección de los tutores a muestrear

La selección de tutores debe realizarse de manera sistemática abarcando toda la plantación a evaluar. Para ello se recomienda dividir el número de tutores/ha entre el número de tutores a muestrear/ha, el resultado indicará el intervalo que debe existir entre los tutores seleccionados:

$$D_t = N_t/M_t$$

En donde:

$D_t$  = Distancia entre tutores para la selección.

$N_t$  = Número de tutores/ha en la plantación.

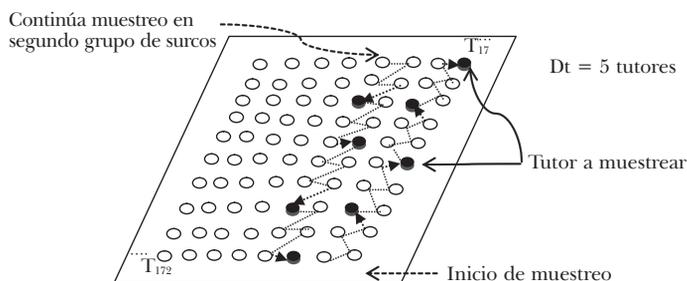
$M_t$  = Número de tutores a muestrear/ha.

Por ejemplo:

Si se quiere muestrear una plantación con 300 tutores, la muestra es de 62 tutores. Para seleccionarlos, se calcula la distancia entre

tutores a muestrear ( $D_t$ ), que en este caso es igual a  $D_t = 300/62$ , que es igual a  $4.84 \approx 5$  tutores, es decir de cada cinco tutores se muestreará uno. Con el fin de mantener un cierto orden y no perderse en la plantación se recomienda hacer el muestreo por surcos. Es decir, en el primer par de surcos se cuentan alternativamente de un surco de un lado y del otro cinco árboles y se muestrea este último, y así sucesivamente hasta el final del surco donde la numeración seguirá con el surco siguiente como se indica en la figura 3.

FIGURA 3  
SELECCIÓN DE ÁRBOLES A MUESTREAR  
EN UNA PLANTACIÓN CUANDO  $D_t = 5$

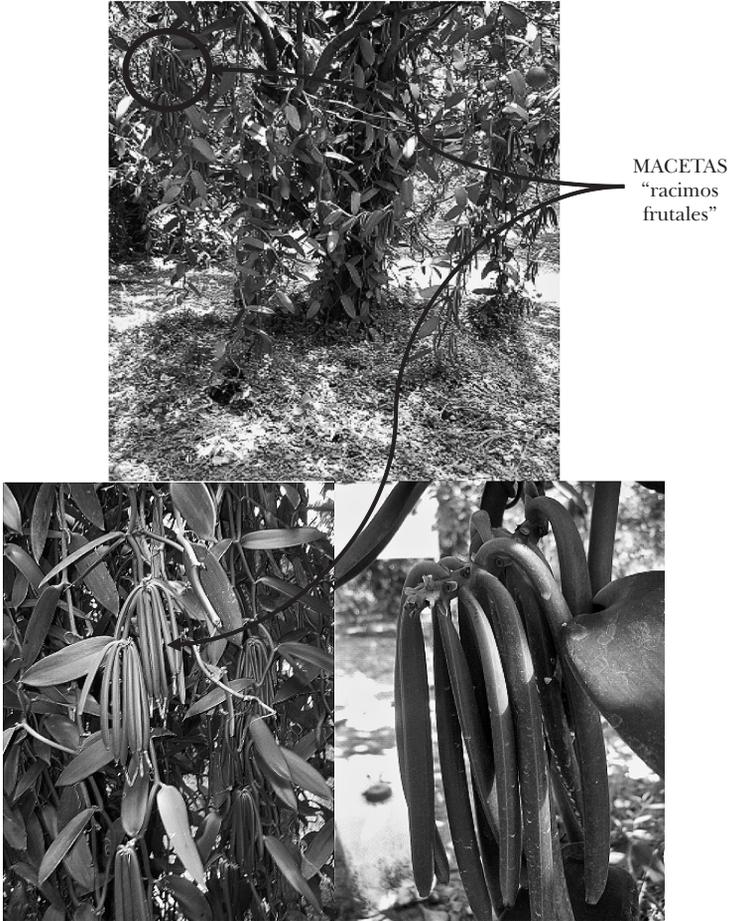


### *Recopilación de la información por tutor muestreado y cálculo del rendimiento esperado por tutor*

Dada la arquitectura de la producción de vainilla para cada tutor muestreado es necesario registrar o estimar el número de plantas, el número de macetas por planta y el número de vainas por maceta. Con el fin de facilitar el registro en campo y los cálculos se propone utilizar el cuadro 5 siguiendo los siguientes puntos:

1. Registrar el número de plantas en cada tutor en la columna 1.
2. Registrar el número de racimos frutales o "macetas" de cada planta, en las columnas 2a, 2b, 2c, etcétera, y sumar estos datos para obtener la columna 3.

FIGURA 4  
MACETAS Y VAINAS DE LAS PLANTAS DE VAINILLA



3. Para estimar el número de vainas promedio por "maceta" se recomienda seleccionar al menos una planta representativa del tutor y contar todas las vainas de la planta (o plantas seleccionadas) y dividirla entre el total de macetas en la planta (o plantas muestreadas). Registrar el dato en la columna 4.

CUADRO 5  
VARIABLES PARA ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO

| <i>Cóhama</i>                                    | <i>I</i>                         | <i>2a</i>   | <i>2b</i>                                       | <i>2c</i>   | <i>2n</i>                               | $3 = (2a+2b+2c+\dots+2n)/n$     | <i>4</i>                         | <i>5</i>                                 | <i>6</i>                      | <i>7</i>                    | <i>8</i>                       |
|--|----------------------------------|---|---|---|---|---------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| <i>Tutor</i>                                     | <i>Núm. de plantas por tutor</i> | <i>Núm. de macetas en la planta P<sub>1</sub></i> | <i>Núm. de macetas por planta P<sub>2</sub></i> | <i>Núm. de macetas en la planta P<sub>3</sub></i> | <i>Núm. de macetas en la planta "n"</i> | <i>Núm. de macetas promedio</i> | <i>Núm. de vainas por maceta</i> | <i>Núm. de vainas de total por tutor</i> | <i>Peso promedio de vaina</i> | <i>Producción por tutor</i> | <i>Producción por pérdidas</i> |
| T1   | 3                                | 7   | 8   | 4   |   | 6.3                             | 8                                | 152                                      | 28.5                          | 4.332                       | 3.90                           |
| T2   | 3                                | 4   | 6   | 7   |   | 5.7                             | 7                                | 119                                      | 28.5                          | 3.3915                      | 3.05                           |
| T3   | 3                                | 7   | 7   | 8   |   | 7.3                             | 7                                | 154                                      | 28.5                          | 4.389                       | 3.95                           |
| T4   | 3                                | 5   | 8   | 6   |   | 6.3                             | 6                                | 114                                      | 28.5                          | 3.249                       | 2.92                           |
| T5   | 3                                | 6   | 9   | 7   |   | 7.3                             | 6                                | 132                                      | 28.5                          | 3.762                       | 3.39                           |
| T6   | 3                                | 5   | 7   | 9   |   | 7.0                             | 7                                | 147                                      | 28.5                          | 4.1895                      | 3.77                           |
| T7   | 3                                | 7   | 5   | 7   |   | 6.3                             | 8                                | 152                                      | 28.5                          | 4.332                       | 3.90                           |
| T8   | 3                                | 8   | 6   | 6   |   | 6.7                             | 7                                | 140                                      | 28.5                          | 3.99                        | 3.59                           |
| T9   | 3                                | 6   | 5   | 8   |   | 6.3                             | 6                                | 114                                      | 28.5                          | 3.249                       | 2.92                           |
| T10  | 3                                | 7   | 7   | 5   |   | 6.3                             | 6                                | 114                                      | 28.5                          | 3.249                       | 2.92                           |
| T11  | 3                                | 8   | 7   | 7   |   | 7.3                             | 5                                | 110                                      | 28.5                          | 3.135                       | 2.82                           |
| T12  | 3                                | 9   | 8   | 8   |   | 8.3                             | 7                                | 175                                      | 28.5                          | 4.9875                      | 4.49                           |
| T13  | 3                                | 6   | 9   | 8   |   | 7.7                             | 8                                | 184                                      | 28.5                          | 5.244                       | 4.72                           |
| ...  | 3                                | 6   | 7   | 8   |   | 7.0                             | 6                                | 126                                      | 28.5                          | 3.591                       | 3.23                           |
| T <sub>62</sub>                                  | 3                                | 8   | 7   | 8   |   | 7.7                             | 7                                | 161                                      | 28.5                          | 4.589                       | 4.13                           |
| Producción promedio por tutor (PP <sub>i</sub> ) |                                  |   |   |   |   |                                 |                                  |  |                               |                             | 3.54                           |

4. Multiplicando los datos de las columnas 1, 3 y 4 se obtiene el número total de vainas por tutor (columna 5) el cual se multiplicará por el peso promedio de vainas que es de 28.5 gramos (columna 6) para obtener en la columna 7 el rendimiento teórico por cada tutor de la muestra. Para considerar pérdidas eventuales de vainas desde el momento de la estimación hasta la cosecha el valor de la columna 7 se multiplica por 0.9 para obtener rendimiento real estimado en la columna 8.

La producción por tutor muestreado ajustado por pérdidas (columna 5) se promedia para obtener la producción promedio por tutor en la muestra. Que en el ejemplo del cuadro 5 es igual a 3.54 kilogramos por tutor.

Para obtener el volumen estimado de producción en la plantación se multiplica la producción promedio por tutor (3.54 kilogramos) por el número total de tutores en la superficie (300), resultando en este ejemplo un total de 1,062 kilogramos o 1.062 toneladas.

## Conclusiones

La estimación de cosecha de vainilla le permite al productor tener un mayor conocimiento de su plantación:

1. Estimar la producción del ciclo productivo en curso y determinar su capacidad productiva para fines de venta.
2. Conocimiento del estado actual de su vainilla que le permitirá identificar los factores que afectan su rendimiento: incidencia de plagas y enfermedades, problemas de nutrición, capado, bajo nivel de rendimiento en la floración, disminución del tamaño de vainas, etcétera.
3. A partir de la información anterior, tomar decisiones sobre el manejo de la plantación para incrementar el rendimiento como: manejo de sombra, encauzamiento, poda de tutores y de plantas, propagación de esquejes (renovación), mayor nutrición, polinización, etcétera.

Cabe destacar que el ejercicio desarrollado incorpora datos de una plantación de una hectárea de vainilla bajo sistema naranjo con un adecuado manejo. La literatura indica que existen registros de productores en distintos países incluido México, que con un óptimo manejo del vainillal han obtenido entre 3 y 4 toneladas de vainilla verde por hectárea, lo cual depende de la edad del vainillal, la densidad de la plantación, las condiciones físico-climáticas y el manejo del vainillal (Ranadive, 2005).

En 2005 en el estado de Veracruz se tuvieron registro de productores en el municipio de San Rafael que lograron cosechar más de dos toneladas de vainilla verde en una hectárea bajo sistema naranjo. La producción promedio registrada en sistema de pichoco y cocuite de alta densidad llegó a registrar 1.4 t ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, los rendimientos han disminuido por los problemas técnico-productivos y económicos de las plantaciones, por ejemplo, en 2008 se registraron rendimientos promedio de 230 kg ha<sup>-1</sup> en el sistema naranjo (Barrera *et al.*, 2009).

De acuerdo con Hernández (2010) los rendimientos máximos se obtienen al cuarto y quinto año de establecido el cultivo (segunda y tercera cosecha). En los siguientes años, hay una variación en la producción, y a partir de los nueve años la producción empieza a declinar. Por ello es de suma importancia realizar la renovación del vainillal mediante la propagación de esquejes y la poda de plantas a fin de poder hacer más estable la producción.

### Fuentes consultadas

- BARRERA R., A., E. Herrera C., J.L. Jaramillo V. *et al.* (2009), "Caracterización de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* A.) bajo naranjo y en malla sombra en el Totonacapan", en *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, núm. 10, pp. 199-212.
- DÍAZ-BAUTISTA, M. (2013), *Diversidad genética de vainilla (Vanilla spp. [Orchidaceae])*, en la región del Totonacapan Puebla-Veracruz, México, tesis doctoral, Colegio de Postgraduados, Puebla, México.

- FAO-FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2012), *Estadísticas sobre la producción mundial*, disponible en <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- HERNÁNDEZ, H.J. (2010), *Tecnología integral para la producción de vainilla en México*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- \_\_\_\_\_ y P. Lubinsky (2010), “Vanilla Production in Mexico”, en E. Odoux y M. Grisoni, *Vanilla*, CRC Press, Boca Raton, FL (USA), vol. 4, pp. 335-345.
- PARRA, Q.R. (1987), *Cultivo in vitro y anatomía de óvulos de vainilla (Vanilla planifolia Andrews)*, tesis de maestría en fruticultura, Texcoco Estado de México, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos.
- RANADIVE, A. S. (2005), “Vanilla Cultivation”, en *Firs International Congress on the Future of the Vanilla Business*, Princeton, Nueva York, 11-12 noviembre de 2003.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2012), *Agricultura. Cultivo de interés. Vainilla*, disponible en [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351)
- SANTOYO, H., P. Ramírez y M. Suvedi (2002), *Manual para la evaluación de programas de desarrollo rural*, CIESTAAM, UACH, 241 pp.
- TRIOLLER, V. (1980), “Vanilla Cultivation in Tonga”, en *Technical Bulletin*, núm. 1, Tonga-france Cooperation, Agricultural Project, 37 pp.

# Estimación de cosecha de miel

José Inocencio Guerrero-Salinas,\*

Enrique Genaro Martínez-González,\*\* Hernán Pérez-López\*\*\*

## Introducción

La apicultura es una práctica ancestral y de gran importancia en el desarrollo de la civilización, el cuidado de las abejas permite obtener beneficios directos (miel, polen, propóleo, jalea real, cera, entre otros) e indirectos como la polinización de las plantas. Una colmena está compuesta por una reina, obreras y zánganos. La primera tiene la función de poner huevecillos para asegurar la continuidad y supervivencia de la colonia. Las segundas, que constituyen la mayor parte de la población —hasta 80 mil por colmena—, cumplen diversas funciones destacando la colecta de néctar, ingrediente principal para la producción de miel, por eso les considera como elemento productor y directivo de la colmena. Por último tenemos a los zánganos o machos cuya función es fecundar a las reinas y ayudar a calentar a las crías.

En México, la apicultura tiene un alto valor económico, de esta actividad dependen aproximadamente 40 mil productores, quienes en conjunto cuentan con más de dos millones de

\*CRUAN-UACH. Centro Regional Universitario del Anáhuac, Universidad Autónoma Chapingo.

\*\*CIESTAAM-UACH. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo.

\*\*\* Consultor independiente especialista en apicultura.

colmenas, esto ubica a México como el quinto productor y tercer exportador de miel a nivel mundial (CESPAECH, 2011).

Hasta la fecha, la producción de miel en México se estima con base en los rendimientos históricos para cada región; sin embargo, es necesario disponer de un método que permita estimar para cada época de producción, cuál es la cosecha esperada por apiario. Asimismo, esta información serviría al considerar el número de apiarios y el total de colmenas para conocer, de forma confiable, la cosecha esperada de una región.

Predecir con un método confiable la cantidad de miel a obtener en un apiario servirá a los apicultores para:

- Planear las necesidades de maquinaria, envases y personal que se requerirán para el proceso de extracción.
- Contratar o programar, con el debido tiempo, la capacidad del vehículo y las necesidades de personal para la cosecha de alzas en el apiario y su traslado a la sala de extracción.
- Corroborar que las prácticas aplicadas al manejo de los apiarios están en posibilidades de ratificar los rendimientos esperados.
- Hacer comparaciones cuantitativas de la producción entre apiarios.
- Realizar proyecciones de ventas e ingresos.

Para los acopiadores y exportadores de miel, la estimación de cosecha permitiría:

- Programar la maquinaria y el personal necesarios tanto para el acarreo de las salas de extracción a la planta como para el proceso de beneficio de la miel.
- Confirmar con alto grado de confiabilidad que les será posible cumplir con los cupos de exportación contratados con los compradores.

## Factores que afectan la producción de miel

Tradicionalmente, cada apicultor es capaz de estimar, con base en su experiencia, la cantidad de miel que habrán de producir sus colmenas. Pues además de que conoce el tipo de vegetación y el clima de su localidad, generalmente también está consciente de la calidad genética de sus abejas, así como de los recursos económicos, materiales y tecnológicos con que cuenta; y sobre todo, el tiempo y la cantidad de prácticas aplicadas durante el periodo previo a la cosecha.

Los niveles de producción de miel dependen principalmente de la cantidad de flores nectaríferas y poliníferas, genética y cantidad de abejas, clima y manejo del apiario. Estudios realizados por Mace (1983) revelan que el pico máximo de producción en una buena temporada, con una colmena fuerte y con características de buenas pecoreadoras, será de dos a cinco kilogramos de néctar por día, el cual ingresa a la colmena con 60 por ciento de humedad, por lo que las abejas tienen que rebajarlo hasta 16 o 18 por ciento, para opercular las celdillas, proceso que puede durar varios días, dependiendo en gran medida de dos factores: la humedad y la temperatura exterior.

Además de las condiciones climáticas, existen otros factores que pueden afectar el nivel de producción de miel de una colmena, dentro de los más importantes destacan:

- Lugar de ubicación del apiario. Factor que implica un tipo de vegetación y un clima determinado que estarían afectando hasta 30 por ciento el potencial de producción, debido a cambios de uso del suelo al incorporar zonas de potreros y a las condiciones de sequía o exceso de lluvia.
- Número de colmenas por apicultor. Se ha observado una correlación entre el número y el rendimiento por colmena, donde los apicultores que poseen más de 40 colmenas son los que han llegado a obtener los rendimientos máximos, considerando que este factor afecta la producción en 12 por ciento.

- Calidad genética de las reinas. Los apicultores que seleccionan y cambian habitualmente sus abejas reinas son los que logran buenos rendimientos. Se considera que esta práctica llega a incidir 12 por ciento en la producción.
- Prácticas de manejo adecuadas y oportunas. La disponibilidad de materiales y equipo de cosecha, así como la alimentación y el manejo de enfermedades, llegan a afectar hasta 40 por ciento las posibilidades de lograr el máximo de cosecha.

Lo anterior nos permite concluir que para estimar la cosecha de miel es necesario considerar los factores mencionados y las interrelaciones entre ellos.

### Estimación de cosecha de miel

La estimación de cosecha de miel se realiza considerando los factores anteriormente descritos, pero también puede hacerse mediante algunos parámetros que pueden ser utilizados para una estimación confiable a corto plazo. Al respecto, suele emplearse como parámetro para estimar la producción de miel, el peso de los bastidores con por lo menos 90 por ciento de operculación. El operculado, cierre de las celdillas donde se almacena la miel, indica que la miel contiene el porcentaje de humedad adecuada para conservarse sin riesgo de que desencadene la fermentación.

Por otra parte, Jean-Prost, Médori y Le Conte (2007) sostienen que en el balance anual de la vida de una colonia, por cada 25 kilogramos de abejas se logra una producción de 20 kilogramos de miel, pero también mencionan que existe una correlación positiva entre el tamaño de la población de abejas y la producción de miel (Farrar, 1937, citado por Jean-Prost *et al.*, 2007) y proponen la ley del rendimiento de miel que dice: en igualdad de condiciones, la cantidad de miel producida por las colonias de abejas resulta ser proporcional a la superficie sustituida medida en un mes. Lo anterior nos permite inferir que la máxima producción de miel por colmena se debe a que se ha logrado incrementar la

población de la colmena tanto en obreras adultas como de las larvas en los panales. En este sentido, Crane (1990) menciona que una colmena de 10 mil abejas puede producir cuatro kilogramos de miel mientras que una con 60 mil obreras acumulará 50 kilogramos.

Sin embargo, los apicultores prácticamente no hacen registros productivos, por lo que el presente apartado puede ser una herramienta de gran utilidad para que técnicos y productores realicen de una manera sencilla una estimación muy próxima a la realidad del nivel productivo de sus apiarios.

A continuación se describen dos métodos de estimación de cosecha considerando los parámetros descritos anteriormente: el *peso de los bastidores* (por lo menos con 90 por ciento de operculación) y la población de abejas adultas.

#### *Estimación a través del peso de los bastidores*

El método que permite una mayor aproximación para conocer la producción de miel en un apiario consiste en: pesar, previo al inicio de la cosecha, los bastidores que tengan 90 por ciento de sus panales de miel operculados y una vez extractada la miel, pesar de nuevo los bastidores y regresarlos a las colmenas. Así, por diferencia se obtienen los kilogramos de miel producidos por colmena, los cuales se suman hasta que el flujo de néctar concluya; con la sumatoria de estos resultados se puede conocer la producción total por apiario.

Otro método para conocer la producción de miel en un apiario, de acuerdo con Medina y Gutiérrez (2009), es registrar el número de panales con miel colectados de cada colmena durante la cosecha; posteriormente, extraer la miel de los panales y pesarla en la sala de extracción. La producción total se divide entre el número total de panales cosechados de todas las colmenas para conocer el peso promedio por panal en cada colmena. Ese peso promedio se multiplica por el número de panales cosechados de cada colmena, con la finalidad de obtener un valor estimado de rendimiento de cada una.

### Periodicidad en la estimación de cosecha

Debido a que el flujo de néctar es el más importante para la producción de miel y tiene una duración variable de temporada a temporada, e inclusive puede presentarse floración extemporánea o sin flujo de néctar (Baeza y Vivas, 2009), es recomendable que la estimación de cosecha se efectúe 15 días después de detectar el ingreso de néctar en las alzas o un día antes de iniciar la cosecha.

### Criterios de selección de las colmenas para hacer la estimación

Debido a que el número de colmenas por apiario depende en gran medida de la capacidad néctaro-polinífera de la región, en un radio de dos a tres kilómetros (área de acción de las abejas) se tienen en promedio 50 colmenas por apiario; por lo tanto, para una adecuada estimación de cosecha se recomienda hacer un muestreo aleatorio de 10 por ciento del total de las colmenas, cuando al menos 85 por ciento de éstas tengan 90 por ciento de sus panales de las alzas con miel operculada (véase figura 1).

FIGURA 1  
GRADO DE OPERCULACIÓN EN LOS BASTIDORES



a) Operculado a 100 por ciento.



b) Operculado a 75 por ciento.

Fuente: Imágenes tomadas en campo.

Por otro lado, si en el apiario al menos 30 por ciento de colmenas se encuentran bajo sombra o los rayos del sol llegan a “la piquera” con una diferencia de dos horas más tarde respecto a las demás, será conveniente dividir el apiario en dos grupos, muestreando 10 por ciento de colmenas de cada uno (véase figura 2).

FIGURA 2  
COLMENAS SIN AFECTACIÓN POR SOMBRA



a) Colmenas sin afectación por sombra



b) Colmenas con afectación por sombra

Fuente: Imágenes tomadas en campo.

#### Materiales de campo requerido

- Velo
- Ahumador
- Espátula
- Formato de campo (véase anexo 1)
- Lapicero

#### Procedimiento para la estimación de cosecha

Para poder estimar la producción de miel de un apiario, es necesario obtener una muestra representativa del mismo. El procedimiento para la estimación de cosecha se detalla a continuación:

1. Etiquetar con números progresivos las colmenas de cada apiario.

2. Seleccionar aleatoriamente por lo menos 10 por ciento de las colmenas de cada apiario. Recuerde que si existe al menos 30 por ciento de las colmenas bajo sombra se recomienda hacer por lo menos dos grupos para muestrear.
3. Revisar las colmenas seleccionadas y registrar el número de bastidores operculados cuando menos a 90 por ciento.
4. Anotar el resultado de la sumatoria total de los bastidores operculados por lo menos a 90 por ciento de las colmenas muestreadas.
5. El resultado total multiplicarlo por 1.25.
6. El valor obtenido se divide entre el número de colmenas muestreadas.
7. El resultado obtenido en el punto seis multiplicarlo por el número total de colmenas del apiario. Este último representa la producción promedio por apiario por cosecha.
8. Este procedimiento se repetirá cuantas cosechas se realicen por temporada, por lo que la producción total estimada por temporada será la sumatoria de la producción promedio por apiario.

Ejercicio para la estimación de cosecha por el método del grado de operculación

El señor José Cruz desea estimar la cosecha de la temporada de marzo-mayo de su apiario “La abeja reina”, el cual cuenta con 50 colmenas en producción, de las cuales, tres están siendo afectadas por la sombra de un zapotal. El pasado 15 de marzo colocó alzas a todas, debido a que las abejas ya estaban introduciendo fuertes cantidades de néctar a los panales. El apiario se ubica en el Ejido Andulio Gálvez, municipio de La Trinitaria, Chiapas, donde cada año realiza dos cosechas por temporada.

Debido a que únicamente 6 por ciento del apiario es afectado por sombra, no se divide en dos grupos, sólo se calcula 10 por ciento de colmenas a muestrear mediante un sorteo. Durante el sorteo salieron seleccionadas las colmenas 37, 21, 28, 41 y 16.

En el formato de campo se registra la información del muestreo. Los resultados se muestran en el cuadro 1.

CUADRO 1  
REGISTRO DE CAMPO DE LA ESTIMACIÓN  
DE LA PRIMERA COSECHA DE MIEL

|                        |   |                       |    |
|------------------------|---|-----------------------|----|
| Nombre del productor:  | José Cruz   |                       |    |
| Nombre del apiario:    | La abeja reina  |                       |    |
| Ubicación:             | Ejido Andulio Gálvez, municipio de La Trinitaria, Chiapas |                       |    |
| Actividad:             | Estimación de cosecha                                     | Número de cosecha:    | 1  |
| Periodo de la cosecha: | Marzo-mayo de 2012  | Número de colmenas:   | 50 |
| Fecha:                 | 30 de marzo de 2012                                       | Tamaño de la muestra: | 5  |
| Lote de muestreo:      | Único   |                       |    |

| <i>Número de colmena muestreada</i> | <i>Número de bastidores operculados por lo menos a 90 por ciento</i> |
|-------------------------------------|--|
| 37                                  | 3  |
| 21                                  | 8  |
| 28                                  | 8  |
| 41                                  | 7  |
| 16                                  | 8  |
| Total bastidores operculados        | 34   |

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados del cuadro 1, se realiza la estimación de cosecha utilizando las siguientes expresiones:

Ecuación 1

$$\text{kg de miel en la muestra} = \frac{\text{kg de miel en la muestra}}{\text{Número de colmenas muestreadas}}$$

Ecuación 2

$$\text{Producción promedio por colmena (kg)} = \frac{\text{kg de miel en la muestra}}{\text{Número de colmenas muestreadas}}$$

## Ecuación 3

$$\text{Producción de miel en el apiario (kg)} = \text{producción promedio por colmena} \\ \times \text{número de colmenas en el apiario}$$

## Ecuación 4

$$\text{Producción de miel en la temporada (kg)} = \\ \text{Producción de la cosecha 1} \\ + \text{Producción de la cosecha 2} \\ + \dots + \text{Producción de la cosecha n}$$

Sustituyendo los valores del ejercicio tenemos que:

$$\text{kg de miel en la muestra} = 34 \times 1.25 = 42.5 \text{ kg}$$

$$\text{Producción promedio por cada colmena (kg)} = \frac{42.5}{5} = 8.5 \text{ kg}$$

Debido a que 8.5 representa los kilogramos de miel producidos en promedio por colmena para la primera cosecha, para estimar la producción de miel en la primera cosecha de la temporada marzo-mayo se multiplica este resultado por el número total de colmenas en el apiario:

$$\text{Producción de miel en el apiario (kg)} = 8.5 \times 50 = 425 \text{ kg}$$

Por lo tanto, se estima cosechar 425 kilogramos de miel en la primera cosecha de la temporada marzo-mayo.

En el cuadro 2 se presentan los datos de la estimación de la segunda cosecha de la temporada.

CUADRO 2  
REGISTRO DE CAMPO DE LA ESTIMACIÓN  
DE LA SEGUNDA COSECHA DE MIEL

|                        |   |                       |    |
|------------------------|---|-----------------------|----|
| Nombre del productor:  | José Cruz   |                       |    |
| Nombre del apiario:    | La abeja reina  |                       |    |
| Ubicación:             | Ejido Andulio Gálvez, municipio de La Trinitaria, Chiapas |                       |    |
| Actividad:             | Estimación de cosecha                                     | Número de cosecha:    | 2  |
| Periodo de la cosecha: | Marzo-mayo de 2012  | Número de colmenas:   | 50 |
| Fecha:                 | 25 de abril de 2012                                       | Tamaño de la muestra: | 5  |
| Lote de muestreo:      | Único   |                       |    |

| <i>Número de colmena muestreada</i> | <i>Número de bastidores operculados por lo menos a 90 por ciento</i> |
|-------------------------------------|--|
| 16                                  | 8  |
| 32                                  | 7  |
| 2                                   | 5  |
| 50                                  | 7  |
| 28                                  | 8  |
| Total bastidores operculados        | 35   |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Siguiendo el procedimiento de la primera cosecha se tiene que:

$$\text{kg de miel en la muestra} = 35 \times 1.25 = 43.75 \text{ kg}$$

$$\text{Producción promedio por colmena (kg)} = \frac{43.75}{5} = 8.75 \text{ kg}$$

$$\text{Producción de miel en el apiario (kg)} = 8.75 \times 50 = 437.5 \text{ kg}$$

Por lo tanto, se estima cosechar 437.5 kilogramos de miel en la segunda cosecha de la temporada marzo-mayo.

La cosecha total de la temporada marzo-mayo será de:

$$\text{Producción de miel de la temporada (kg)} = 425 + 437.5 = 862.5 \text{ kg}$$

Se estima cosechar 862.5 kilogramos de miel en la temporada marzo-mayo de 2012.

*Estimación de la producción de miel mediante la población de abejas adultas*

Considerando que en las zonas tropicales durante el año existen varias épocas de floración, se propone la siguiente guía metodológica para estimar la producción de miel mediante la población de abejas adultas al menos 15 días antes del inicio del flujo de néctar de cada temporada.

De acuerdo con la vegetación predominante y el manejo del apiario, se pueden aprovechar hasta tres temporadas de floración. Para apiarios fijos se podrá estimar la cosecha de la temporada de primavera (marzo-mayo) y la de verano (agosto-octubre); en el caso de apiarios móviles, además de las dos anteriores, se consideran los meses de noviembre y diciembre, cuando se trasladan a lugares que presentan la floración, por ejemplo, los manglares.

Por lo tanto, la toma de datos para estimar la cosecha se iniciará el primer día de marzo, agosto y noviembre, según corresponda, de acuerdo con el procedimiento siguiente:

1. Etiquetar con números progresivos las colmenas de cada apiario
2. Elegir al azar 10 por ciento de las colmenas del apiario
3. Cuantificar, para cada una de las colmenas elegidas, lo siguiente:
  - a) Número de bastidores con abejas adultas (véase figura 3)
  - b) Número de bastidores con crías (por lo menos a 80 por ciento de la superficie del bastidor)
  - c) Número de bastidores cubiertos con miel o polen (con superficie ocupada con cría mayor o igual a 80 por ciento del área del bastidor).

FIGURA 3  
COLMENA CON UNA POBLACIÓN VIGOROSA



Fuente: Imagen tomada en campo.

4. Aplicar las siguientes fórmulas para calcular la cosecha esperada de miel:

Ecuación 5

$$NTAC = NBCAD \times \left[ \frac{NBCC}{NTB} + \frac{NBCM}{NTB} \right] \times NPAB$$

Donde:

NTAC= Número total de abejas por colmena.

NBCAD= Número promedio de bastidores cubiertos con abejas adultas.

NBCC= Número promedio de bastidores ocupados con crías en la cámara de cría (con superficie con cría mayor o igual a 80 por ciento del área del bastidor).

NBCM= Número promedio de bastidores con miel o polen (con superficie ocupada con reservas de miel o polen mayor o igual a 80 por ciento del área del bastidor).

NTB= Número total de bastidores en cámara de cría (es de 10 tanto en colmenas tipo Langstroth como en Jumbo).

NPAB= Número potencial de abejas por bastidor (que es de 4 mil para colmenas tipo Langstroth y de 4,800 para las Jumbo).

El factor anterior (de 4 mil o 4,800) se obtiene considerando que por cada decímetro cuadrado de panal existen 857 celdillas (Dadant, 1975), y por cada larva debe haber una obrera adulta. Por otra parte, la superficie total del bastidor de cámara de cría en colmenas Langstroth es de 16 dm<sup>2</sup>, mientras que en las Jumbo es de 22 dm<sup>2</sup>; además, el bastidor del alza mide 8 dm<sup>2</sup> en colmenas tipo Jumbo.

Con el número total de abejas por colmena (NTAC) se estima la producción promedio, con los datos que se muestran en el cuadro 3.

CUADRO 3  
EFECTO DEL TAMAÑO DE LA COLONIA  
EN LA PRODUCCIÓN DE MIEL

| <i>Número de obreras<br/>adultas por colonia</i> | <i>Producción por<br/>colmena (kg)</i> |
|--|--|
| 10,000   | 4                                      |
| 20,000   | 14                                     |
| 30,000   | 23                                     |
| 40,000   | 32                                     |
| 50,000   | 41                                     |
| 60,000   | 50                                     |

Fuente: Crane, 1990.

#### Ecuación 6

$$CE = RPC \times NC$$

Donde:

CE= Cosecha esperada.

NC= Número total de colmenas en el apiario.

RPC= Rendimiento promedio por colmena obtenido al sustituir el número de abejas por colmena en la ecuación de regresión obtenida con los datos del cuadro 3 que es la siguiente:

Ecuación 7

$$y = -4.6667 + 0.0009 x$$

Donde:

$y$  = es el rendimiento promedio por colmena y  $x$ , el número promedio de abejas por colmena.

Ejercicio para la estimación de cosecha por el método población de obreras adultas

El señor Dámaso Pech desea estimar la cosecha de la temporada de marzo a mayo de su apiario “La loma”, el cual cuenta con 50 colmenas tipo Jumbo en producción. El apiario se ubica en el ejido Silvituc, municipio de Escárcega, Campeche. En este lugar, cada año se presentan dos temporadas de cosecha (apiario fijo) como resultado del buen manejo que se le da al apiario. En la revisión efectuada el 10 de marzo, observó que la mayoría de las colonias estaban muy pobladas, iniciaban el acopio de néctar, por lo cual decidió estimar la cosecha de la temporada por el método de cuantificación de obreras adultas.

Debido a que la población de las colonias era diferente a pesar de que todas las colmenas contaban con un alza, se realizó un muestreo para aplicar el método a 10 por ciento de las colmenas del apiario, del sorteo resultó que las colmenas a medir fueron la 6, 11, 24, 31 y 40. Los resultados se registraron en el cuadro 4.

CUADRO 4  
REGISTRO DE CAMPO PARA LA ESTIMACIÓN  
DE LA COSECHA DE PRIMAVERA

|                        |  |                       |    |
|------------------------|--|-----------------------|----|
| Nombre del productor:  | Dámaso Pech                                      |                       |    |
| Nombre del apiario:    | La loma  |                       |    |
| Ubicación:             | Ejido Silvituc, municipio de Escárcega, Campeche |                       |    |
| Actividad:             | Estimación de cosecha                            |                       |    |
| Periodo de la cosecha: | Marzo-mayo de 2012                               |                       |    |
| Lote de muestreo:      | Único  | Número de colmenas:   | 50 |
| Fecha:                 | 1 de marzo de 2012                               | Tamaño de la muestra: | 5  |

| <i>Número de colmena<br/>muestreada</i> | <i>Número de bastidores<br/>con abejas adultas</i> | <i>Número de bastidores<br/>con cría</i> | <i>Número de bastidores<br/>con miel o polen</i> |
|---|--|--|--|
| 6                                       | 8  | 6  | 2  |
| 11                                      | 10   | 8  | 2  |
| 24                                      | 7  | 4  | 1  |
| 31                                      | 9  | 7  | 2  |
| 40                                      | 10   | 7  | 3  |
| Suma                                    | 44   | 32                                       | 10   |
| Promedio                                | 8.8  | 6.4                                      | 2  |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Con base en los resultados del cuadro 4, se sustituyen los valores en la ecuación 5, tal como se describió anteriormente. De esta manera, tenemos que:

$$NTAC = 8.8 \times \left[ \left[ \frac{6.4}{10} \right] + \left[ \frac{2.0}{10} \right] \right] \times 4,800$$

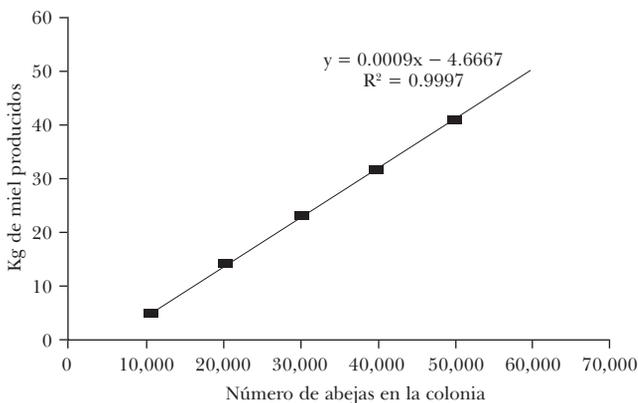
$$NTAC = 8.8 \times (0.64 + 0.2) \times 4,800$$

$$NTAC = 8.8 \times 0.84 \times 4,800$$

$$NTAC = 35,482$$

La figura 4 presenta una regresión a partir de los datos del cuadro 3.

FIGURA 4  
RELACIÓN EXISTENTE ENTRE EL NÚMERO  
DE ABEJAS Y LA PRODUCCIÓN DE MIEL



Fuente: Adaptado de Crane, 1990.

A partir de la ecuación generada por la regresión se puede estimar el nivel de producción de miel. De esta manera, tenemos que:

$$y = -4.6667 + 0.0009x$$

$$y = -4.6667 + (0.0009 \times 35,482) = 27.3$$

Es decir, el rendimiento promedio de miel por colmena (RPC) es de 27.3 kilogramos, por lo que sustituyendo los valores en la ecuación 6, tenemos que:

$$CE = RPC \times NC$$

$$CE = 27.3 \times 50 = 1,365$$

Este resultado nos permite estimar que en la cosecha de primavera la producción de miel del apiario “La loma” será de 1,365 kilogramos.

## Anexos

### ANEXO 1

#### Formato de campo para estimar la producción de miel por el método de operculación

---

|                        |                             |                             |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Nombre del productor:  | _____                       |                             |
| Nombre del apiario:    | _____                       |                             |
| Ubicación:             | _____                       |                             |
| Actividad:             | Estimación de cosecha _____ | Número de cosecha: _____    |
| Periodo de la cosecha: | _____                       | Número de colmenas: _____   |
| Fecha:                 | _____                       | Tamaño de la muestra: _____ |
| Lote de muestreo:      | _____                       |                             |

---

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Número de colmena muestreada | Número de bastidores operculados<br>por lo menos a 90 por ciento |
|------------------------------|--|

---

Total bastidores operculados

---

## ANEXO 2

Formato de campo para estimar cosecha  
por el método de la población de obreras adultas

---

Nombre del productor: \_\_\_\_\_

Nombre del apiario: \_\_\_\_\_

Ubicación: \_\_\_\_\_

Actividad: \_\_\_\_\_

Periodo de la cosecha: \_\_\_\_\_

Lote de muestreo: \_\_\_\_\_ Número de colmenas: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Tamaño de la muestra: \_\_\_\_\_

---

| Número de colmena<br>muestreada | Número de bastidores<br>con abejas adultas | Número de bastidores<br>con cría | Número de bastidores<br>con miel o polen |
|---------------------------------|--|----------------------------------|--|
|---------------------------------|--|----------------------------------|--|

---

Suma  
Promedio

---

## Fuentes consultadas

- BAEZA R., J.J. y J.A. Vivas R. (2009), *Evaluación de algunas características de importancia económica en Apis mellifera L. bajo las condiciones de la península de Yucatán*. Memoria del 16o. Congreso Internacional de Actualización Apícola, 2-4 de septiembre de 2009, Morelia, Michoacán, pp. 154-158.
- CESPAECH (Comité Estatal Sistema Producto Apícola del Estado de Chiapas, A.C.) (2011), *Manual apícola básico y avanzado*, Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas, México, 129 pp.
- CRANE, E. (1990), *Bees and Beekeeping. Science, Practice and World Resources*, Heinemann Newnes, Oxford, 614 pp.
- DADANT C., C. (1975), *La colmena y la abeja melífera*, Hemisferio Sur, Montevideo, 936 pp.
- JEAN-PROST, P. y Médori P., Le Conte (2007), *Apicultura. Conocimientos de la abeja. Manejo de la colmena*, Madrid, Mundi-Prensa, 791 pp.
- FARRAR, C.L. (1937), "The Influence of Colony Populations on Honey Production", *Journal of Agricultural Research*, Washington, D.C., vol. 54, núm. 12, pp. 945-954.
- MACE, H. (1983), *Manual completo de apicultura*, México, CECSA, 239 pp.
- MEDINA F., C. A. y H. Gutiérrez B. (2009), *Colonias con doble reina en el semidesierto zacatecano*, Memoria del 16o. Congreso Internacional de Actualización Apícola, 2-4 de septiembre, Morelia, Michoacán, pp. 159-163.

# Índice

|  |    |
|--|----|
| AGRADECIMIENTOS .....                                      | 5  |
| INTRODUCCIÓN   |    |
| <i>Jorge Aguilar-Ávila,</i>                                |    |
| <i>Vinicio Horacio Santoyo-Cortés</i> .....                | 7  |
| Fuentes consultadas .....                                  | 9  |
| ESTIMACIÓN DE COSECHA DE MAÍZ                              |    |
| <i>Jorge Aguilar-Ávila, Claudio Ávalos-Gutiérrez</i> ..... | 11 |
| Introducción .....   | 11 |
| Aspectos técnico-productivos del maíz .....                | 12 |
| Factores que afectan el cultivo de maíz .....              | 12 |
| Metodología para la evaluación de cosecha en maíz .....    | 13 |
| Anexos. ....   | 20 |
| Fuentes consultadas .....                                  | 22 |
| ESTIMACIÓN DE COSECHA DE CEBADA Y TRIGO                    |    |
| <i>Jorge Aguilar-Ávila,</i>                                |    |
| <i>María Guadalupe Arroyo-Pozos</i> .....                  | 23 |
| Introducción .....   | 23 |
| Aspectos productivos .....                                 | 24 |
| Estimación del rendimiento de cebada y trigo:              |    |
| siembra en hilera .....                                    | 29 |
| Estimación de rendimiento en cultivo                       |    |
| sembrado al voleo .....                                    | 42 |
| Anexos. ....   | 44 |
| Fuentes consultadas .....                                  | 47 |

## ESTIMACIÓN DE COSECHA DE FRIJOL

*Luis Manuel Serrano-Covarrubias,**Gladis Feliciano-Gregorio,*

|  |    |
|--|----|
| <i>María Guadalupe Arroyo-Pozos</i> . . . . .                      | 51 |
| Introducción . . . . .   | 51 |
| Factores que afectan el rendimiento . . . . .                      | 52 |
| Primera metodología para<br>la estimación de rendimiento . . . . . | 54 |
| Segunda metodología para<br>la estimación de rendimiento . . . . . | 56 |
| Anexos . . . . .   | 61 |
| Fuentes consultadas . . . . .                                      | 63 |

## ESTIMACIÓN DE COSECHA DE ÁRBOLES FRUTALES

*María Guadalupe Arroyo-Pozos,**José Inocencio Guerrero-Salinas,*

|  |    |
|--|----|
| <i>Ramón Núñez-Tovar, Gladis Feliciano-Gregorio</i> . . . . .                | 65 |
| Introducción . . . . .   | 65 |
| Índice de fructificación:<br>frutales perennes . . . . .                     | 66 |
| Procedimiento para la estimación<br>de cosecha en árboles frutales . . . . . | 67 |
| Ciclo de vida productivo . . . . .   | 69 |
| Fuentes consultadas . . . . .  | 83 |

## ESTIMACIÓN DE COSECHA DE CAFÉ

*Salvador Díaz-Cárdenas, Ciro Solabac-Cuacua,**Esteban Escamilla-Prado, Victorino Morales-Ramos,**Eva Ameca-Castillo, René Ávila-Nieto,*

|  |     |
|--|-----|
| <i>Gladis Castillo-Ponce</i> . . . . .                               | 87  |
| Introducción . . . . .   | 87  |
| Antecedentes . . . . .   | 88  |
| Factores que afectan el rendimiento<br>del cultivo de café . . . . . | 90  |
| Metodología . . . . .  | 95  |
| Anexos . . . . .   | 108 |
| Fuentes consultadas . . . . .  | 111 |

## ESTIMACIÓN DE COSECHA DE CACAO

|   |     |
|---|-----|
| <i>Óscar Díaz-José, Jorge Aguilar-Ávila</i> . . . . .                 | 113 |
| Introducción. . . . .   | 113 |
| Factores que afectan el rendimiento<br>del cultivo de cacao . . . . . | 114 |
| Método de estimación de rendimiento . . . . .                         | 121 |
| Anexos. . . . .   | 134 |
| Fuentes consultadas. . . . .  | 139 |

## ESTIMACIÓN DE COSECHA DE PALMA DE ACEITE

|   |     |
|---|-----|
| <i>Enrique Genaro Martínez-González,<br/>Nolver Atanacio Arias-Arias,<br/>Norman Aguilar-Gallegos</i> . . . . . | 141 |
| Introducción. . . . .   | 141 |
| Periodicidad para la ejecución<br>de la estimación de cosecha . . . . .   | 143 |
| Criterios de selección de palmas<br>para la estimación de cosecha . . . . .                                     | 143 |
| Procedimiento para la estimación de cosecha. . . . .  | 144 |
| Anexos. . . . .   | 154 |
| Fuentes consultadas. . . . .  | 155 |

## ESTIMACIÓN DE COSECHA DE HULE

|  |     |
|--|-----|
| <i>Julio Díaz-José, César Aguirre-Ríos,<br/>Roberto Rendón-Medel</i> . . . . . | 157 |
| Introducción. . . . .  | 157 |
| Factores que afectan el rendimiento<br>del cultivo de hule . . . . .           | 158 |
| Método de estimación de rendimiento . . . . .                                  | 160 |
| Anexos. . . . .  | 169 |
| Fuentes consultadas. . . . .   | 170 |

## ESTIMACIÓN DE COSECHA DE VAINILLA

|   |     |
|---|-----|
| <i>Ariadna Isabel Barrera-Rodríguez,<br/>Vinicio Horacio Santoyo-Cortés</i> . . . . . | 171 |
| Introducción. . . . .   | 171 |
| Características técnico-productivas<br>del sistema de manejo de vainilla . . . . .    | 172 |

|  |     |
|--|-----|
| Factores que inciden en el rendimiento. . . . .      | 177 |
| Materiales y métodos. . . . .                        | 179 |
| Conclusiones . . . . .                               | 184 |
| Fuentes consultadas . . . . .                        | 185 |
| <br>   |     |
| ESTIMACIÓN DE COSECHA DE MIEL                        |     |
| <i>José Inocencio Guerrero-Salinas,</i>              |     |
| <i>Enrique Genaro Martínez-González,</i>             |     |
| <i>Hernán Pérez-López . . . . .</i>                  | 187 |
| Introducción. . . . .                                | 187 |
| Factores que afectan la producción de miel . . . . . | 189 |
| Estimación de cosecha de miel. . . . .               | 190 |
| Anexos. . . . .                                      | 204 |
| Fuentes consultadas . . . . .                        | 206 |

Esta investigación, arbitrada por pares académicos,  
se privilegia con el aval de la institución coeditora.

Primera edición, septiembre del año 2013

© 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
km 38.5 carretera México-Texcoco,  
Chapingo, Texcoco, Estado de México, C.P. 56230  
Tel: 01 (595) 952-15-00 ext. 5442  
Correo electrónico: isbnchapingo@gmail.com

Edición a cargo del Centro de Investigaciones  
Económicas, Sociales y Tecnológicas de la  
Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM)  
<http://www.ciestaam.edu.mx>

ISBN 978-607-12-0302-1

© 2013

Por características tipográficas y de diseño editorial  
MIGUEL ÁNGEL PORRÚA, librero-editor

Derechos reservados conforme a la ley  
ISBN 978-607-401-715-1

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de los editores, en términos de lo así previsto por la *Ley Federal del Derecho de Autor* y, en su caso, por los tratados internacionales aplicables.

IMPRESO EN MÉXICO



PRINTED IN MEXICO

[www.maporrúa.com.mx](http://www.maporrúa.com.mx)

Amargura 4, San Ángel, Álvaro Obregón, 04000 México, D.F.

*Estimación de rendimientos en el sector agropecuario*, se terminó de imprimir en la Ciudad de México durante el mes de septiembre del año 2013. La edición impresa sobre papel de 90 gramos consta de 4,500 ejemplares y estuvo al cuidado de la oficina litotipográfica de la casa editora.



ISBN 978-607-12-0302-1 UACH  
ISBN 978-607-404-715-1 MAP



La estimación de cosecha (o de rendimientos) en las actividades agropecuarias a nivel predial o regional adquiere cada día mayor importancia en la planificación de acciones por parte de los diferentes actores involucrados.

Los métodos para una predicción de cosecha confiable y oportuna permiten a los tomadores de decisiones estimar volúmenes a comercializar; necesidades de transporte y almacenamiento; impactos de las políticas públicas o desastres naturales; monitorear las prácticas de manejo en los sistemas de producción, entre otros.

En esta publicación se presentan los métodos de estimación de rendimiento a nivel predial más utilizados en los cultivos anuales como maíz, cebada, trigo y frijol; en árboles frutales como mango, durazno y manzana; en cultivos tropicales, como café, cacao, palma de aceite, hule y vainilla; así como en la producción de miel.

Pretende también servir de guía a quienes tengan la necesidad de cuantificar rendimientos anticipadamente a la cosecha para la valoración de impactos, ya sea de estrategias de intervención como la promoción del uso de semillas o insumos novedosos, o por la afectación de siniestros. Asimismo, la estimación de rendimientos es una poderosa herramienta para valorar la viabilidad de modelos de negocio en el medio rural.