

PN-ABE-006  
64095

Serie de Evaluación de Tecnología No. 8

ISSN-0256-8683

# **Costos de Producción de la Semilla ( Sexual ) Híbrida de Papa**

Método Agroeconómico de Estimación  
Basado en Muestras

**Aníbal Monares y Adolfo Achata**



CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP)

1988

Serie de Evaluación de Tecnología NO.8

**COSTOS DE PRODUCCION  
DE LA SEMILLA (SEXUAL) HIBRIDA DE PAPA**

Método Agroeconómico de Estimación Basado en Muestreos

Aníbal Monares y Adolfo Achata

Centro Internacional de la Papa (CIP)  
Apartado 5969, Lima, Perú  
1988

## **SERIE SOBRE EVALUACION DE TECNOLOGIA**

El propósito de la Serie sobre Evaluación de Tecnología es dar a conocer a los científicos de los programas nacionales de papa, las tecnologías generadas por el Centro Internacional de la Papa (CIP), para que éstas sean evaluadas bajo condiciones locales.

Mediante esta serie, el CIP está mejorando el proceso de transferencia de tecnología a los científicos de los programas de papa, facilitando de esta manera la adaptación de la tecnología a las condiciones de los agricultores.

Cada tecnología es presentada con los resultados más destacados y con suficiente información sobre los materiales y procedimientos empleados para que éstos puedan ser usados en la evaluación. Se sugieren varios experimentos, incluyendo sus diseños y los formatos para la colección de datos experimentales.

Cuando los científicos nacionales evalúan las tecnologías presentadas en esta serie, pueden obtener información sobre la aplicabilidad de las mismas en sus propios países. Si, como parte importante de ese trabajo, le envían al CIP información sobre los resultados obtenidos en dichas evaluaciones, el CIP podrá desarrollar cada vez mejores tecnologías que sean más apropiadas para las necesidades de los agricultores.

Primo Accatino  
Director Asociado  
Transferencia de Tecnología

### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen las valiosas sugerencias de los doctores Noel Pallais, Douglas Horton, Patricio Malagamba, Hernán Rincón y del Ingeniero Marciano Morales Bermúdez del CIP. No obstante lo anterior, los autores asumen la total responsabilidad intelectual del contenido de este trabajo y recibirán con mucho agrado los comentarios que les hagan llegar los lectores, para mejorar la presentación o aclarar los conceptos en él vertidos.

## CONTENIDO

<b>OBJETIVOS E IMPORTANCIA DEL TRABAJO .....</b>	<b>1</b>
<b>CARACTERISTICAS Y SUPUESTOS DEL METODO .....</b>	<b>2</b>
<b>ESTIMACION DE LOS COSTOS VARIABLES .....</b>	<b>4</b>
Costo de Producción y Manejo de los Clones Progenitores .....	4
Costo de Recolección de las Flores y Extracción del Polen .....	8
Costo de Emasculación .....	9
Costo de Polinización .....	10
Costo de Cosecha de las Bayas .....	11
Costo de Extracción y Procesamiento de la Semilla .....	12
<b>ESTIMACION DE LOS COSTOS FIJOS .....</b>	<b>13</b>
Costo de la Tierra .....	13
Costo del Capital de Operación .....	13
<b>UNA ILUSTRACION DEL METODO: ESTIMACION DE LOS COSTOS DE PRODUCCION DE LA PROGENIE SERRANA X DTO-28 EN CHILE .....</b>	<b>13</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>20</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>21</b>
Anexo A. Notas Metodológicas .....	21
Anexo B. Formulario para Registrar y Tabular los Datos de Costos de Producción de la Semilla Híbrida de Papa .....	23

12

**COSTOS DE PRODUCCION DE  
LA SEMILLA (SEXUAL) HIBRIDA DE PAPA**

**Método Agroeconómico de Estimación Basado en Muestras**

Aníbal Monares\* y Adolfo Achata\*\*

**OBJETIVOS E IMPORTANCIA DEL TRABAJO**

El propósito de este trabajo es presentar un método práctico para calcular los costos de producción de la semilla (sexual) híbrida de papa. Este método puede ser particularmente útil cuando se dispone de información limitada acerca de recursos (como mano de obra) o se considera demasiado costoso obtener información completa acerca de ellos.

La producción de semilla de papa mediante hibridación es un proceso ampliamente conocido y practicado desde el siglo pasado por los genetistas y fitomejoradores en la obtención de nuevas variedades. Sin embargo, no se han desarrollado métodos económicos sencillos para calcular los costos de producción de este insumo. El interés por contar con estos métodos ha surgido en los últimos años, a raíz del desarrollo de sistemas de utilización de semillas híbridas y de polinización libre para producir papa, bajo las condiciones de los agricultores en pequeña escala.

Las perspectivas favorables de utilización de la semilla (sexual) como método de propagación alternativo o complementario al uso del tubérculo-semilla, han planteado la necesidad de contar con técnicas para producirla en grandes cantidades a un precio que haga atractivo su uso. Por lo tanto, el desarrollo de procedimientos expeditos y confiables para calcular los costos de producción de la semilla híbrida,

---

\* Economista Agrícola, Ph.D., investigador del CIP.

\*\* Economista Agrícola, Magister Scientiae, investigador del CIP.

bajo un amplio intervalo de condiciones técnicas y socioeconómicas, es de gran utilidad para los investigadores y técnicos de los programas nacionales de papa y de las empresas de semillas que se interesen en producir comercialmente este insumo.

El método que aquí se presenta permite estimar los costos directos de producción de la semilla híbrida, cubriendo el período desde la plantación de los clones progenitores hasta el procesamiento y empaquetado de la semilla. No se incluyen en este método el cálculo de los costos generales de administración, los costos de comercialización de la semilla y los costos de investigación genética, los cuales pueden ser calculados por separado.

En la sección final de este trabajo se presenta un ejemplo de la aplicación del método que se propone, usando información obtenida de experimentos de un proyecto colaborativo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) de Chile y el CIP para producir semilla híbrida de papa.

El Anexo A presenta la deducción de las fórmulas empleadas para calcular áreas en el documento y en el Anexo B se presenta un formato para recolectar en el campo los datos necesarios para aplicar el método.

### **CARACTERISTICAS Y SUPUESTOS DEL METODO**

En la producción de semilla híbrida de papa, la emasculación y la polinización, presentan una gran complejidad técnica. Esto se debe tanto a la intensidad de uso de la mano de obra como a la forma particular en que se coordina la ejecución de ciertas tareas y se organizan los recursos disponibles para adecuarlos a las necesidades de las plantas progenitoras y a las restricciones edafoclimáticas.

En las condiciones señaladas, el registro sistemático de información económica detallada por un período prolongado de tiempo es demasiado laborioso y caro. Una forma de superar esta limitación es obtener los datos acerca de los recursos totales empleados en una actividad específica, mediante procedimientos de muestreo durante uno o más períodos convenientemente establecidos.

El método que se describe a continuación presenta cinco características básicas:

- El costo total de producción (CT) de la semilla híbrida es igual a los costos variables (CV) más los costos fijos (CF):

$$CT = CV + CF$$

- El proceso de producción de semilla híbrida se divide en seis etapas o grupos de actividades independientes. Se calcula el costo variable de cada una de estas etapas en forma separada y luego se obtiene por suma el costo variable total.
- Dado que la producción de semilla híbrida se caracteriza por el empleo intenso y simultáneo de recursos humanos de diversas clases, en tres de las seis etapas que se describen (emasculación, polinización y cosecha de bayas), los datos sobre esos recursos se obtienen mediante muestreos dirigidos (no aleatorios). Es decir, la cantidad de mano de obra empleada en esas etapas se calcula en base a muestras de las cantidades que se utilizan durante períodos breves predeterminados del tiempo total de duración de cada una de ellas.
- Todas las fórmulas se refieren al costo de producción de 1 kg de semilla híbrida. Esta convención permite introducir en las ecuaciones de costo algunos coeficientes técnicos de producción (como la cantidad de bayas por planta y la cantidad de semillas por baya) que simplifican en gran medida los cálculos y amplían las posibilidades de análisis del proceso de producción.
- En la etapa de producción y manejo de las plantas progenitoras sólo se consideran los costos de los progenitores masculinos (pm) hasta la floración y los costos de los progenitores femeninos (pf) hasta el final de la cosecha de las bayas. Tanto los costos de las prácticas agronómicas después de esos períodos como el valor de mercado de los tubérculos producidos como sub-producto en la cosecha, se consideran irrelevantes para los objetivos propuestos. Este procedimiento se justifica bajo la premisa de que el propósito esencial del proceso productivo es optimizar la producción de semillas y, por lo tanto, el análisis de costo debe centrarse en este proceso. La inclusión de actividades opcionales o secundarias o ambas puede, además, confundir o enmascarar los costos reales de producción de la semilla híbrida y alterar los cálculos sobre la verdadera rentabilidad de la producción de este insumo.

## ESTIMACION DE LOS COSTOS VARIABLES (CV)

Para la estimación de los costos variables se supone que el proceso de producción de la semilla híbrida se puede descomponer en seis grupos principales de actividades:

$$CV = C_m + C_f + C_e + C_p + C_b + C_s$$

donde:

- C<sub>m</sub> = costo de producción y manejo de los clones progenitores
- C<sub>f</sub> = costo de recolección de las flores y extracción del polen
- C<sub>e</sub> = costo de emasculación
- C<sub>p</sub> = costo de polinización
- C<sub>b</sub> = costo de cosecha de las bayas
- C<sub>s</sub> = costo de extracción y procesamiento de la semilla

### Costo de Producción y Manejo de los Clones Progenitores (C<sub>m</sub>)

Esta etapa empieza con la elección de los clones que servirán de progenitores masculinos y femeninos, la plantación y el manejo en parcelas de condiciones adecuadas. Por lo general, se requieren varios progenitores femeninos por cada progenitor masculino. Esta relación depende de los clones involucrados y puede variar ampliamente, tanto debido a la capacidad de floración de los progenitores femeninos, como por la diferente capacidad de producción de polen de los progenitores masculinos.

El manejo de las parcelas de los clones es diferente en varios aspectos al de un campo corriente de producción de papa. Esa diferencia de manejo depende principalmente de los progenitores seleccionados, las condiciones de suelo y de clima y los recursos económicos con que cuenta la empresa productora de semilla. El costo de las prácticas e insumos adicionales debe registrarse e incluirse en el costo total de esta etapa (C<sub>m</sub>).

Una forma práctica de calcular el costo de los clones progenitores (C<sub>m</sub>), cuando no es factible realizar un registro detallado de las actividades e insumos que intervienen en su producción y manejo, consiste en aplicar una fórmula basada en estimaciones del costo de producción de un campo de papa en áreas de condiciones similares. Este valor se ajusta por el costo de las actividades e insumos adicionales y

por coeficientes de productividad física y económica específicos de los clones progenitores. La fórmula que se sugiere exhibe dos características esenciales: (a) el costo se expresa por kilogramo de semilla híbrida producida y (b) el costo de producción y manejo de cada progenitor se calcula en forma separada, puesto que estos difieren tanto en el tiempo que las plantas permanecen en el campo como en algunos de los insumos que se aplican para producirlos.

El costo de producción y manejo de los progenitores (Cm) para obtener 1 kg de semilla híbrida se puede estimar mediante la siguiente fórmula:

$$C_m = \text{Costo pf} + \text{Costo pm}$$

donde:

pf = clones progenitores femeninos

pm = clones progenitores masculinos

$$y \quad \text{Costo pf} = \frac{CP \times p_1 + CA}{10\,000} \times \text{área pf}$$

$$\text{Costo pm} = \frac{CP \times p_2 + CA}{10\,000} \times \text{área pm}$$

A continuación se explica el significado de cada término de las fórmulas anteriores y se sugieren procedimientos o recomendaciones para estimarlos.

**Costo de los clones progenitores femeninos (Costo pf).** Se supone, que este costo es una proporción (o porcentaje) del costo de producción/ha de un cultivo de papa (CP) representativo de la zona donde se encuentra la parcela productora de semilla. Esta proporción ( $p_1$ ) se calcula mediante la relación siguiente:

$$p_1 = \frac{T_b}{D_1}$$

donde:

$p_1$  = proporción que se aplica al costo total de producción de un cultivo representativo de la zona (CP) en el caso de los progenitores femeninos (pf).

$T_b$  = tiempo en meses desde la plantación de los clones progenitores femeninos hasta la formación de las bayas.

$D_1$  = duración en meses del ciclo completo de producción de los clones progenitores femeninos.

El valor CP se estima consultando a informantes claves (extensionistas, productores, etc.) o usando cifras de costos de estudios recientemente realizados por investigadores o extensionistas. Es recomendable tomar como referencia al grupo de agricultores que aplica las mejores prácticas de manejo del cultivo y usa tubérculos-semillas de buena calidad.

Si en la producción de los clones progenitores femeninos se ha incurrido en costos adicionales (CA), éstos deben agregarse al pf. Los costos adicionales pueden consistir, por ejemplo, en la aplicación de mayores cantidades de fertilización nitrogenada, colocación de estacas o tutores a las plantas madres, etc.

La división de los costos de producción (CP) y de los costos adicionales (CA) por 10 000 es necesaria para expresar el costo de producción por  $m^2$  (1 ha = 10 000  $m^2$ ).

El término área pf representa la cantidad de  $m^2$  plantada con progenitores femeninos necesaria para producir 1 kg de semilla híbrida. Este término se calcula mediante la fórmula siguiente\*:

$$\text{área pf} = \frac{1\ 000}{B \times G} \times dp \times dr$$

---

\* En el Anexo A se explica la derivación de esta fórmula.

donde:

- B = número promedio de bayas por planta .
- G = cantidad promedio de semillas por baya (g)
- dp = distancia entre plantas, progenitores femeninos (f)
- dr = distancia entre surcos, progenitores femeninos (f)

**Costos de los progenitores masculinos (Costo pm).** El procedimiento para estimar el costo de producción y de manejo de los progenitores masculinos es similar al señalado para los progenitores femeninos. Primero, se supone que este costo es una proporción ( $p_2$ ) del costo de producción/ha de un cultivo de papa representativo de la zona (CP). Esta proporción ( $p_2$ ) se calcula mediante la relación que sigue:

$$p_2 = \frac{Tf}{D_2}$$

donde:

$p_2$  = proporción que se aplica al costo/ha total de producción de un cultivo de papa representativo de la zona (CP), en el caso de los progenitores masculinos (pm).

Tf = tiempo en meses desde la plantación de los clones progenitores masculinos hasta la floración.

$D_2$  = duración en meses del ciclo completo de producción de los clones progenitores masculinos.

En la sección anterior se indicó el procedimiento recomendado para estimar el costo de producción/ha de un cultivo de papa representativo de la zona (CP).

Si se ha incurrido en gastos adicionales en la producción de los clones progenitores masculinos (CA`), éstos deben agregarse al costo pm.

Dividiendo tanto los costos de producción (CP) como los costos adicionales (CA`) por 10 000 se obtienen los costos totales de producción por m<sup>2</sup>.

El término área pm representa la cantidad de m<sup>2</sup> plantada con progenitores masculinos necesaria para producir 1 kg de semilla híbrida. Se calcula mediante la fórmula siguiente\*:

$$\text{área pm} = \frac{1\ 000\ n}{B \times G} \times d`p \times d`r$$

donde:

- B = número promedio de bayas por planta
- G = cantidad promedio de semillas por baya (g)
- n = factor que indica cuántos progenitores femeninos se necesita plantar por cada progenitor masculino.
- d`p = distancia entre plantas, progenitores masculinos (m)
- d`r = distancia entre surcos, progenitores masculinos (m)

#### **Costo de Recolección de las Flores y Extracción del Polen (Cf)**

Una vez que se ha iniciado la floración de los progenitores masculinos se procederá a la recolección de flores para extraer el polen. Este polen se usará posteriormente para la polinización de las flores de los progenitores elegidos como madres.

Los principales componentes del costo de esta etapa son: mano de obra, supervisión técnica, herramientas pequeñas y equipos de laboratorio. Por conveniencia, el tiempo para supervisión se estima como un porcentaje del tiempo necesario para toda la operación. Para estimar el costo de la cosecha de flores y la extracción del polen (Cf), para producir 1 kg de semilla híbrida, se emplea la fórmula siguiente:

$$Cf = Tm \times [Sm + (Ts \times Sp)] + M$$

En la que:

- Tm = tiempo total de la operación (horas)
- Sm = salario de la mano de obra (\$/hora)
- Sp = salario del supervisor (\$/hora)
- Ts = tiempo de supervisión (% del tiempo total)
- M = costo de materiales, herramientas y pequeños equipos

---

\* La derivación de esta fórmula se describe en el Anexo A.

### Costo de Emasculación (Ce)

La emasculación es una actividad compleja e intensiva en el uso de mano de obra. Consiste en la eliminación de los órganos sexuales masculinos (estambres) de los progenitores seleccionados para plantas madres, con el propósito de evitar la autopolinización. Debido a que esta actividad exige numeroso personal adiestrado que trabaja en el campo en espacios relativamente reducidos y por períodos cortos es necesaria una estrecha supervisión técnica. Para estimar el costo de emasculación (Ce), debe calcularse primero el número de emasculaciones necesarias para producir 1 kg de semilla híbrida de papa (E).

$$E = \frac{B \times PF}{\% \text{ de formación de bayas}}$$

donde:

B = número promedio de bayas por planta, y  
PF = número de progenitores femeninos necesario para producir 1 kg de semilla

Para calcular PF se aplica la fórmula siguiente\*:

$$PF = \frac{1\ 000}{B \times G}$$

El término G, como se señaló anteriormente, representa la cantidad promedio de semillas por baya.

Conociendo el valor de E es posible estimar el costo de emasculación (Ce), mediante la siguiente fórmula:

$$Ce = \frac{E \times [Sm + (Ts \times Sp)]}{60 \times (\text{no. de emasc/min}) \times Pe} + M$$

---

\* La derivación de esta fórmula se explica en el Anexo A.

donde:

$P_e = \%$  de eficiencia de la mano de obra

El número de emasculaciones por minuto varía según cambien factores como los progenitores femeninos, la disposición de las plantas en el terreno, la productividad de la mano de obra, el clima, etc. Este dato se obtiene, por ejemplo promediando de 3 a 5 muestras diarias, de cinco minutos cada una, del personal que realiza las emasculaciones y por el tiempo que dure esta actividad.

El factor 60 en la fórmula permite expresar el número de emasculaciones por minuto en términos de horas. El coeficiente de eficiencia ( $P_e$ ) toma en cuenta los períodos de inactividad del trabajo durante el proceso de emasculación y varía entre 0 y 1. Tiende a ser más alto cuanto más eficiente es el esquema técnico de producción y mayor es la destreza del personal que realiza las emasculaciones en el campo. Por ejemplo, un coeficiente de eficiencia ( $P_e$ ) de 0,85 indica que de cada hora dedicada a la emasculación, 15% es destinado a otra actividad, (descanso, desplazamiento dentro la parcela, etc.).

### **Costo de Polinización ( $C_p$ )**

La polinización consiste en la colocación del polen de la flor de los progenitores masculinos sobre el estigma de la flor de los progenitores femeninos. Es, también, una actividad laboriosa e intensiva en el uso de recursos humanos (mano de obra y supervisión técnica). Pero la supervisión se reduce a medida que el personal adquiere práctica en las polinizaciones, elevando de este modo su productividad.

La fórmula para estimar el costo de polinización ( $C_p$ ), se obtiene calculando primero el número de polinizaciones ( $P$ ) necesarios para producir 1 kg de semilla híbrida.

Sean:

$B$  = número promedio de bayas por planta  
 $PF$  = número de progenitores femeninos necesario  
para producir 1 kg de semilla

Entonces, el valor de P puede ser calculado por la relación siguiente:

$$P = \frac{B \times PF}{\% \text{ de polinizaciones adicionales} *}$$

Conociendo P, el número de polinizaciones necesarias para producir 1 kg de semilla híbrida, se puede estimar el costo de polinización (Cp), por medio de la siguiente fórmula:

$$Cp = \frac{P \times [Sm + (Ts \times Sp)]}{60 \text{ (no. de polinizaciones/min)} \times Pe} + M$$

donde:

Sm = salario de la mano de obra (\$/hora)

Sp = salario del supervisor (\$/hora)

Ts = tiempo de supervisión (% del tiempo total)

Pe = % de eficiencia de la mano de obra

M = costo de materiales, herramientas y pequeños equipos (\$)

Para estimar el número de polinizaciones por minuto se recomienda obtener de 3 a 5 muestras diarias, de cinco minutos cada una, de cada persona que realiza esta actividad. Posteriormente, se calcula un promedio de las cifras registradas.

#### **Costo de Cosecha de las Bayas**

Cuando las bayas han madurado suficientemente se cosechan. La cantidad de bayas por planta y su peso o tamaño depende principalmente de los progenitores femeninos. La fórmula para estimar el costo de cosecha de las bayas (Cb) necesarias para producir 1 kg de semilla híbrida es la siguiente:

---

\* Se refiere al % de polinizaciones adicionales que se efectúa a grupos de plantas ya polinizadas para asegurar la formación de una cantidad prefijada de bayas.

$$C_b = \frac{B \times PF \times [S_m + (T_s \times S_p)]}{60 \text{ (no. de bayas cosechadas/min)} \times P_e}$$

donde:

- B = número promedio de bayas por planta
- PF = número de progenitores femeninos necesario para producir 1 kg de semilla
- S<sub>m</sub> = salario de la mano de obra (\$/hora)
- S<sub>p</sub> = salario del supervisor (\$/ha)
- T<sub>s</sub> = tiempo de supervisión (% del tiempo total)
- P<sub>e</sub> = % de eficiencia de la mano de obra

El número de bayas cosechadas por minuto se estima mediante muestreos efectuados de manera similar a los recomendados para calcular las emasculaciones y polinizaciones por minuto.

#### Costo de Extracción y Procesamiento de la Semilla (C<sub>s</sub>)

La etapa de extracción y procesamiento de la semilla incluye: 1) maduración y secado de las bayas, 2) trituration, maceración, y extracción de la semilla, 3) selección, 4) tratamiento de la semilla con productos químicos, 5) secado y 6) empaquetado.

Estas actividades duran de 2 a 4 semanas según los métodos empleados para realizarlas y el grado de maduración y textura de las bayas. Tres componentes del costo son importantes: mano de obra, supervisión técnica y materiales (incluyendo reactivos químicos). Por lo tanto la fórmula para calcular el costo de extracción y procesamiento de la semilla (C<sub>p</sub>) es la siguiente:

$$C_p = T_m [S_m + (T_s \times S_p)] + M$$

donde:

- T<sub>m</sub> = tiempo total de la operación (horas)
- S<sub>m</sub> = salario de la mano de obra (\$/hora)
- S<sub>p</sub> = salario del supervisor (\$/hora)
- T<sub>s</sub> = tiempo de supervisión (% del tiempo total)
- M = costo de materiales, herramientas y pequeños equipos (\$)

## **ESTIMACION DE LOS COSTOS FIJOS (CF)**

Dos componentes principales se incluyen en los costos fijos: el costo de la tierra (L) y el costo del capital de operación (K).

$$CF = L + K$$

### **Costo de la Tierra (L)**

Este costo se calcula usando el valor de mercado del alquiler de la tierra, ajustado por el período necesario para la producción de las plantas progenitoras\*. Por ejemplo, de acuerdo a nuestra experiencia, y según la progenie, 1 kg de semilla híbrida de papa se puede producir en 50 a 150 m<sup>2</sup> y en 90 a 100 días, (tres meses = 1/4 de año). Por lo tanto, el costo de la tierra será aproximadamente equivalente a 1/4 del valor del alquiler anual de esta extensión de tierra.

### **Costo del Capital de Operación (K)**

El valor K se estima con base en la tasa de interés de los préstamos agrícolas. Si los costos variables se pagan con préstamos y el período de producción y procesamiento de la semilla es de cuatro meses o 1/3 de año (tres meses en la fase de campo y un mes en la fase de laboratorio), entonces el costo del capital será 1/3 de la tasa local de los préstamos agrícolas, multiplicada por los costos variables calculados (CV).

### **UNA ILUSTRACION DEL METODO: ESTIMACION DE LOS COSTOS DE PRODUCCION DE LA PROGENIE SERRANA X DTO-28 EN CHILE**

En el siguiente ejemplo usamos datos obtenidos de un experimento realizado en Chile, mediante un proyecto colaborativo INIA-CIP, en la temporada 1984-85. Los coeficientes técnicos (número de bayas/planta, número de semillas/baya, etc.) se refieren a la progenie Serrana x DTO-28. Los resultados económicos se expresan en dólares de EE.UU. por

---

\* Para producir el polen, los progenitores masculinos necesitan menos tiempo que los progenitores femeninos para producir las bayas.

kilogramo de semilla producido. Para valorizar los recursos e insumos se usaron precios del mercado.

### **Estimación de los Costos Variables (CV)**

Como ya se explicó,

$$CV = C_m + C_f + C_e + C_p + C_b + C_s.$$

### **Costo de Producción y Manejo de los Clones Progenitores (Cm)**

#### **Datos/símbolos**

pf	=	progenitores femeninos	
pm	=	progenitores masculinos	
PF	=	número de progenitores femeninos necesarios para producir 1 kg de semilla	
PM	=	número de progenitores masculinos necesarios para producir 1 kg de semilla	
B	=	número promedio de bayas por planta	= 116
G	=	peso promedio de semillas por baya (g)	= 0,118
dp	=	distancia entre plantas, pf (f)	= 0,4
dr	=	distancia entre surcos, pf (f)	= 1,5
d`p	=	distancia entre plantas, pm (m)	= 0,4
d`r	=	distancia entre surcos, pm (m)	= 0,75
CP	=	costo de producción de un cultivo de papa representativo de la zona (\$/ha)	= 1 500
p <sub>1</sub>	=	proporción del costo de pf en el costo de producción (CP)	= 0,75
p <sub>2</sub>	=	proporción del costo de pm en el costo de producción (CP)	= 0,50
CA	=	costo adicional por hectárea, pf (\$/ha)	= 200
CA`	=	costo adicional por hectárea, pm (\$/ha)	= 150

Se parte de la siguiente relación:

$$PF = \frac{1\ 000}{B \times G} = \frac{1\ 000}{116 \times 0,118} = 73 \text{ plantas madres}$$

Por lo tanto, se necesitan 73 plantas madres para producir 1 kg de semilla híbrida.

Si el número de progenitores masculinos (PM) necesarios para producir 1 kg de semilla híbrida es igual al número de progenitores femeninos (PF), entonces  $n = 1$ .

Luego:

$$PM = n \times PF$$

$$PM = (1) \times (73) = 73 \text{ progenitores masculinos}$$

El área total necesaria por cada progenitor será:

$$\text{área PF} = PF \times d_p \times d_r = (73) (0,4) (1,5) = 44 \text{ m}^2$$

$$\text{área PM} = PM \times d_p \times d_r = (73) (0,4) (0,75) = 22 \text{ m}^2$$

Para estimar el costo de producción y manejo de los clones progenitores (Cm), se usa la siguiente fórmula:

$$C_m = \frac{(p_1 \times CP + CA)}{10\ 000} \times \text{área PF} + \frac{(p_2 \times CP + CA)}{10\ 000} \times \text{área PM}$$

$$C_m = \frac{(0,75 \times 1\ 500 + 200)}{10\ 000} \times 44 + \frac{(0,5 \times 1\ 500 + 150)}{10\ 000} \times 22$$

$$C_m = \$ 7,8$$

### Costo de Cosecha de las Flores y Extracción del Polen (Cf)

#### Datos

Tm = tiempo total de la operación (horas)	= 22
Sm = salario de la mano de obra (\$/hora)	= 0,5
Sp = salario del supervisor (\$/hora)	= 2,5
Ts = tiempo de supervisión (% del tiempo total)	= 0,1
M = costo de materiales e instrumentos (\$)	= 3,0

$$C_f = T_m \times [S_m + (T_s \times S_p)] + M$$

$$C_f = 22 \times 0,5 + (0,1 \times 2,5) + 3,0 = 19,5$$

$$C_f = \$ 19,5$$

## Costo de Emasculación (Ce)

### Datos

B	=	número promedio de bayas por planta	=	116
		% de formación de bayas	=	0,7
PF	=	número de progenitores femeninos necesarios para producir 1 kg de semilla	=	73
		número de emasculaciones/minuto	=	4
Pe	=	% de eficiencia de la mano de obra	=	0,85
Sm	=	salario de la mano de obra (\$/hora)	=	0,5
Sp	=	salario del supervisor (\$/hora)	=	2,5
Ts	=	tiempo de supervisión (% del tiempo total)	=	0,75
M	=	costo de materiales (\$)	=	3,0

Primero, se calcula el valor de E, el número de emasculaciones que se necesitan para producir 1 kg de semilla híbrida.

$$E = \frac{B \times PF}{\% \text{ de formación de bayas}}$$
$$E = \frac{116 \times 73}{0,7} = 12\ 097$$

Para estimar Ce, el costo de emasculación, se aplica la siguiente fórmula:

$$Ce = \frac{E \times [Sm + (Ts \times Sp)]}{60 \times (\text{no. emasc./min}) \times Pe} + M$$
$$Ce = \frac{12\ 097 [0,5 + (0,75 \times 2,5)]}{60 (4) (0,85)} + 3 = 140,8$$
$$Ce = \$ 140,8$$

## Costo de Polinización (Cp)

### Datos

B	= número promedio de bayas por planta	= 116
%	de polinizaciones adicionales (para asegurar 116 bayas)	= 0,4
PF	= número de progenitores femeninos necesarios para producir 1 kg de semilla	= 73
	número de polinizaciones/minuto	= 14
Pe	= % de eficiencia de la mano de obra	= 0,85
Sm	= salario de la mano de obra (\$/hora)	= 0,5
Sp	= salario del supervisor (\$/hora)	= 2,5
Ts	= tiempo de supervisión (% del tiempo total)	= 0,5
M	= Costo de materiales (\$)	= 3,0

Primero, se calcula el valor de P, el número de polinizaciones que se necesitan para producir 1 kg de semilla híbrida.

$$P = \frac{B \times PF}{\% \text{ polinizaciones adicionales}}$$
$$P = \frac{116 \times 73}{0,4} = 21\ 170$$

A continuación se estima Cp, el costo de polinización, por medio de la siguiente fórmula:

$$Cp = \frac{P \times [Sm + (Ts \times Sp)]}{60 \text{ (no. de polinizaciones/min)} \times Pe} + M$$
$$Cp = \frac{21\ 170 [0,5 + (0,5 \times 2,5)]}{60 (14) (0,85)} + 3 = 54,9$$
$$Cp = \$ 54,9$$

### Costo de Cosecha de las Bayas (Cb)

#### Datos

B = número promedio de bayas por planta	= 116
PF = número de progenitores femeninos necesarios para producir 1 kg de semilla	= 73
número de bayas cosechadas por minuto	= 27
Pe = % de eficiencia de la mano de obra	= 0,85
Sm = salario de la mano de obra (\$/hora)	= 0,5
Sp = salario del supervisor (\$/hora)	= 2,5
Ts = tiempo de supervisión (% del tiempo total)	= 0,2

$$Cb = \frac{B \times PF \times [Sm + (Ts \times Sp)]}{60 \text{ (no. de bayas cosechadas/min)} \times Pe}$$

$$Cb = \frac{(116) (73) [0,5 + (0,2 \times 2,5)]}{60 (27) (0,85)} = 6,1$$

$$Cb = \$ 6,1$$

### Costo de Extracción y Procesamiento de la Semilla (Cp)

#### Datos

Tm = tiempo de la operación (horas)	= 10
Sm = salario de la mano de obra (\$/hora)	= 0,5
Sp = salario del supervisor (\$/hora)	= 2,5
Ts = tiempo de supervisión (% del tiempo total)	= 0,2
M = costo de materiales (\$)	= 22

$$Cp = Tm \times [Sm + (Ts \times Sp)] + M$$
$$Cp = 10 \times [0,5 + (0,2 \times 2,5)] + 22$$
$$Cp = \$ 32$$

Por lo tanto, el costo variable total de producción (CV) es igual a:

$$CV = Cm + Cf + Ce + Cp + Cb + Cs$$
$$CV = 7,8 + 19,5 + 140,8 + 54,9 + 6,1 + 32$$
$$CV = \$ 261,1$$

## **Estimación de los Costos Fijos (CF)**

Recordemos que:

$$CF = L + K$$

**Costo de la Tierra.** En Chile el valor de alquiler de la tierra fértil en la vecindad del área donde se realizó el experimento es de aproximadamente U.S \$ 200 por hectárea y por año. Para producir 1 kg de semilla híbrida de la progenie Serrana x DTO - 28 se necesitan 96 m<sup>2</sup> (66 m<sup>2</sup> para el cultivo y 30 m<sup>2</sup> para caminos interiores y alrededor del experimento), durante cuatro meses en promedio. Por lo tanto,

$$L = \text{US\$ } 0,64$$

**Costo del Capital de Operación (K).** La tasa de interés anual para préstamos agrícolas es de 20% en Chile. Suponiendo que todos los costos variables (CV) son cubiertos por préstamos, y el período de producción y procesamiento de la semilla es de cuatro meses (1/3 de año), entonces,

$$K = \text{US\$ } 17,5;$$

esto es,

$$\frac{(20 \times 261,1)}{3}$$

$$CF = 0,64 + 17,5 = 18,1$$

## **Estimación del Costo Total de Producción (CT)**

$$CT = CF + CV$$

$$CT = 18,1 + 261,1$$

$$CT = \$ 279,2$$

## CONCLUSION

Bajo las condiciones ecológicas y socioeconómicas del sur de Chile, el costo de producción de 1 kg de semilla híbrida de la progenie Serrana x DTO - 28 es, aproximadamente, US\$ 279,2. Esta estimación fue obtenida con datos de un experimento de producción de semilla y, por lo tanto, podría ser un tanto diferente de las estimaciones que se hagan en el futuro en condiciones comerciales de producción. Además, como se señaló en la primera sección, en estos cálculos no se incluyen los costos de administración, de comercialización y de investigación genética.

El principal mérito del método propuesto es su valor práctico para calcular los costos directos de producción de la semilla (sexual) híbrida de papa, tanto en condiciones experimentales como comerciales, cuando se dispone de información limitada acerca del uso de algunos insumos (por ejemplo, mano de obra) o se considera demasiado costoso obtener una información completa acerca de ellos.

## ANEXOS

### Anexo A. Notas Metodológicas

Derivación de la fórmula para calcular el área de los clones progenitores femeninos necesaria para producir 1 kg de semilla híbrida de papa. La cantidad de semilla producida (q) en una parcela de cualquier superficie puede determinarse mediante la relación:

$$q = PF \times B \times G \quad (1)$$

En la que:

- q = cantidad de semilla producida (g)
- PF = número de plantas madres
- B = número promedio de bayas por planta
- G = cantidad promedio de semillas por baya (g)

Si se supone que  $q = 1 \text{ kg} (= 1\,000 \text{ g})$ , la fórmula (1) se puede expresar como:

$$1\,000 = PF \times B \times G$$

por lo tanto:

$$PF = \frac{1\,000}{B \times G} \quad (2)$$

PF puede ser redefinido como el número de plantas madres (o progenitores femeninos) necesarias para producir 1 kg de semilla híbrida. Conociendo la distancia de plantación entre plantas (dp) y la distancia entre surcos (dr) se puede estimar el área de progenitores femeninos (pf) necesaria para producir 1 kg de semilla.

$$\text{área pf} = PF \times dp \times dr \quad (3)$$

Sustituyendo en la fórmula (3) el valor de PF calculado por medio de la fórmula (2) se obtiene finalmente:

$$\text{área pf} = \frac{1\,000}{B \times G} \times dp \times dr \quad (4)$$

donde:

$$\text{área pf} = \text{área de progenitores femeninos necesaria para producir 1 kg de semilla (m}^2\text{)}$$

Derivación de la fórmula para calcular el área de los clones de los progenitores masculinos necesaria para producir 1 kg de semilla híbrida de papa. Primero, se supone que existe una relación entre el número de progenitores femeninos y masculinos. Esta relación puede expresarse de la siguiente forma:

$$PM = n \times PF \quad (5)$$

donde:

PM = número de progenitores masculinos necesarios para producir 1 kg de semilla.

PF = número de progenitores femeninos necesarios para producir 1 kg de semilla.

n = factor que indica cuantos progenitores femeninos se necesita plantar por cada progenitor masculino.

Sabemos por la fórmula (2) que:

$$PF = \frac{1\ 000}{B \times G}$$

Por lo tanto,

$$PM = \frac{1\ 000\ n}{B \times G} \quad (5)$$

Conociendo la distancia de siembra entre plantas ( $d`p$ ) y la distancia entre surcos ( $d`r$ ) se puede estimar el área de progenitores masculinos ( $pm$ ) necesaria para producir 1 kg de semilla.

$$\text{área } pm = PM \times d`p \times d`r \quad (6)$$

Sustituyendo en la fórmula (6) el valor de PM calculado mediante la fórmula (5) se obtiene finalmente:

$$\text{área } pm = \frac{1\ 000\ n}{B \times G} \times d`p \times d`r \quad (7)$$

donde:

área pm = área de progenitores masculinos necesaria para producir 1 kg de semilla ( $m^2$ ).

**Anexo B. Formularios para Registrar y Tabular los Datos de Costos de Producción de la Semilla Híbrida de Papa**

**Datos Generales**

Nombre del informante \_\_\_\_\_

Dirección del informante \_\_\_\_\_

Localización de la parcela \_\_\_\_\_

Lugar (país, departamento, distrito, etc.) \_\_\_\_\_

Altitud \_\_\_\_\_

Latitud \_\_\_\_\_

Longitud \_\_\_\_\_

Costo de producción de un cultivo de papa representativo de la zona (\$/ha) \_\_\_\_\_

Alquiler de la tierra por año (\$/ha) \_\_\_\_\_

Tasa de cambio (US\$ 1) \_\_\_\_\_

Símbolos  
de las  
fórmulas

CP

Observaciones: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Datos por Progenie**

(pf = progenitores femeninos; pm = progenitores masculinos)

Etapas	Símbolos de las fórmulas	Progenies		
<b><u>1. Producción y Manejo de Progenitores</u></b>				
Area total <sub>2</sub> con plantas progentoras (m <sup>2</sup> )				
Distancia entre plantas, pf (f)	dp			
Distancia entre surcos, pf (f)	dr			
Distancia entre plantas, pm (m)	d`p			
Distancia entre surcos, pm (m)	d`r			
Número de progenitores femeninos por cada progenitor masculino	n			
Número promedio de bayas por planta	B			
Cantidad promedio de semillas por baya (g)	G			
Duración del ciclo de producción, pf (meses)	D <sub>1</sub>			
Duración del ciclo de producción, pm (meses)	D <sub>2</sub>			
Tiempo desde la plantación hasta la formación de bayas, pf (meses)	Tb			
Tiempo desde la plantación hasta la floración, pm (meses)	Tf			
Costo adicional por hectárea, pf Fertilización adicional Colocación de estacas Otros gastos	CA			
Costo adicional por hectárea, pm Fertilización adicional Otros gastos	CA`			
<b><u>2. Recolección de Flores y Extracción del Polen</u></b>				
Tiempo total de la operación (horas)	Tm			
Tiempo de supervisión (horas)	Ts			
Salario de la mano de obra (\$/hora)	Sm			
Salario del supervisor (\$/hora)	Sp			
Costo de materiales y herramientas Materiales Herramientas (depreciación anual)				

Etapas	Símbolos de las fórmulas	Progenies		
<b>3. <u>Emasculación</u></b> Número de emasculaciones por minuto Tiempo total de la operación (horas) Tiempo de supervisión (horas) Porcentaje de formación de bayas Porcentaje de eficiencia de la mano de obra Costo de materiales	 Tm Ts  Pe M			
<b>4. <u>Polinización</u></b> Número de polinizaciones por minuto Porcentaje de polinizaciones adicionales Tiempo total de operación (horas) Tiempo de supervisión (horas) Porcentaje de eficiencia de la mano de obra Costo de materiales	 Tm Ts  Pe			
<b>5. <u>Cosecha de las Bayas</u></b> Número de bayas cosechadas por mín. Tiempo total de la operación (horas) Tiempo de supervisión (horas) Porcentaje de eficiencia de la mano de obra	 Tm Ts  Pe			
<b>6. <u>Extracción y Procesamiento de la Semilla</u></b> Tiempo total de la operación (horas) Tiempo de supervisión (horas) Cantidad de semilla producida (kg) Costo de materiales, herramientas y equipos Materiales Herramientas (depreciación anual) Equipos (depreciación anual)	 Tm Ts q M			
<b><u>Otros gastos</u></b> (no registrados en las etapas anteriores)  <hr/> <hr/>				