

Boletín Técnico No. 20
Departamento de Ingeniería Agrícola
Marzo - 1980

Ing. Brian G. Sims
Ing. José Zambrano A.
Ing. Gilberto Orbe

**COMPARACION DE TRES METODOS DE COSECHA
EN EL CULTIVO DE PAPA**

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ECUADOR**

COMPARACION DE TRES METODOS DE COSECHA EN EL CULTIVO DE PAPA

*Ing. Brian G. Sims**
*Ing. José Zambrano A.**
*Ing. Gilberto Orbe**

RESUMEN

Con el presente ensayo se compararon los costos de la cosecha de papa empleando tres sistemas: manual con azadón, cavadora de cadena sinfín y cavadora de molinete. Se calcularon los costos por hectárea de la cosecha para un rango de superficies cavadas, encontrándose que se justifica un cambio del sistema manual al sistema semi-mecanizado empleando la cavadora de molinete en las 16,76 hectáreas. El cambio de la cosecha manual, al semi-mecanizado empleando la cavadora de cadena sinfín, se justifica con una superficie de 18,86 hectáreas; y, el cambio entre cavadora de molinete y cavadora de cadena a las 24,42 hectáreas. Además el porcentaje de papas dejadas en el suelo, después de la cosecha, no difirió significativamente entre sistemas. Mientras tanto, el daño sufrido por las papas fue mucho mayor en el sistema manual.

La cosecha fue mucho más rápida que la cosecha manual y, consecuentemente, permite un mayor aprovechamiento del mercado.

SUMMARY

The study compared the costs of three methods of harvesting: manual, using an "azadon" or large hoe, elevator digger, and spinner. The costs per hectare of harvesting were calculated for a range of areas harvested and it was found that a change from the manual system to the spinner could be justified with 16,76 hectares. The change from manual to elevator digger was justified at 18,86 hectares and from spinner to elevator digger at 24,42 hectares.

Técnicos del Departamento de Ingeniería Agrícola de la Estación Experimental "Santa Catalina" del INIAP.

The percentage of potatoes left in the ground after harvesting did not differ significantly between treatments but the damage done to the potatoes was much less in the semi-mechanised systems.

Mechanising the harvest made it much more rapid and hence would allow benefit to be taken of the high potato prices in the widely fluctuating Ecuadorian market.

I. INTRODUCCION

La mecanización del cultivo de papa, en la Sierra ecuatoriana, se encuentra poco desarrollada. Algunas de las labores mecanizadas son: la preparación del suelo, surcada, aporque y controles fitosanitarios

La mano de obra barata existente en nuestro medio ha determinado, en cierto modo, la forma de cosechar y clasificar la papa. Además la tendencia de la gente del campo a emigrar a las ciudades en busca de trabajo continúa trayendo como consecuencia que no se pueda aprovechar la cosecha cuando el precio de la papa es alto.

Para la mecanización de la cosecha de papa existen máquinas de todos los niveles de sofisticación. En el presente estudio se compararon los rendimientos obtenidos de dos cosechadoras muy sencillas, con el obtenido en la cosecha manual.

Los objetivos de éste estudio fueron:

- a) Evaluar la eficiencia de tres sistemas de cosecha en base a los costos y rendimientos de cada sistema semi-mecanizado y el sistema completamente manual (foto página 5). Con esta información

se puede determinar las ventajas de cada sistema y la superficie de papa donde se justifica la inversión en una máquina cosechadora.

- b) Conocer el daño causado en los tubérculos en cada sistema; y.
- c) Conocer la cantidad de papa dejada en el suelo después de la cosecha

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción de los métodos de cosecha.

2.1.1. Molinete arrancador, marca Ransomes, modelo TPD 1008. (Fotos página 3)

Esta máquina es enganchada a los tres puntos del tractor y accionada por el toma de fuerza (t.d.f.) del mismo. Consiste básicamente de una gran reja horizontal que pasa por debajo de las papas. A continuación existen una serie de dedos cavadores giratorios que remueven la tierra y la lanzan con las papas hacia un costado. Es posible colocar una malla que detenga las papas y deje pasar el suelo.

2.1.2. Cavadora de cadena sinfín, marca Ransomes, modelo 9. (Fotos página 4)

Esta máquina es enganchada a los dos brazos inferiores del sistema hidráulico del tractor y está accionada por el t.d.f. Consiste esencialmente de una reja grande y ancha por delante, y un elevador de cadena que corre sobre agitadores. El suelo cae por los listones de la cadena, y las papas son depositadas atrás en una hilera. La máquina viene con un juego de agitadores que permiten que su acción sea más o menos fuerte, según las condiciones del suelo. Lógicamente el objetivo para reducir el daño ocasionado a las papas, sería tener un trabajo lo más suave posible.

2.1.3. Método manual. (Foto página 5).

La cosecha manual fue realizada utilizando azadones. Los campesinos quitan primero un poco de tierra de los costados del surco, para finalmente cavar donde se encuentra la planta, invirtiendo el suelo para que los tubérculos queden en la parte superficial y luego recogerlos.

2.2. Diseño experimental.

Se empleó el diseño "Bloques completos al azar", con tres tratamientos y cinco repeticiones. Se trató de alcanzar una área de 2 500 m² en cada una de las 15 parcelas, pero esto no fue posible en todos los casos debido a la forma del terreno disponible y la resistencia a cambios por parte de los compradores (intermediarios) de las papas.

2.3. Datos tomados.

Los datos tomados fueron los siguientes:

2.3.1. Características de los cultivos.

- a) Tipo de suelo
- b) Pendiente del terreno
- c) Altura de los surcos
- d) Distancia entre surcos.

2.3.2. Producción de papa.

Se anotó el peso en Kg por superficie.

2.3.3. Costos.

El costo de la cosecha es la suma total de gastos en efectivo o implícitos que el agricultor incurrió al cosechar las papas.

2.3.3.1. Costos fijos.

Los costos fijos por hora de operación del tractor y el implemento fueron:

- a) Depreciación de la maquinaria
- b) Interés sobre la inversión
- c) Reparaciones y mantenimiento.

Estos costos se calcularon según el procedimiento descrito por SCHWARTZ (1974 a), empleando estimaciones de la vida útil de la maquinaria, horas de vida del tractor, valores residuales y costo de reparaciones como indica SCHWARTZ (1974 b).

2.3.3.2 Costos variables.

Los costos variables de operación del tractor y las cosechadoras fueron:

- a) Combustible

CAVADORA DE MOLINETE



Foto 1. La máquina



Foto 2. Papas dejadas por la máquina

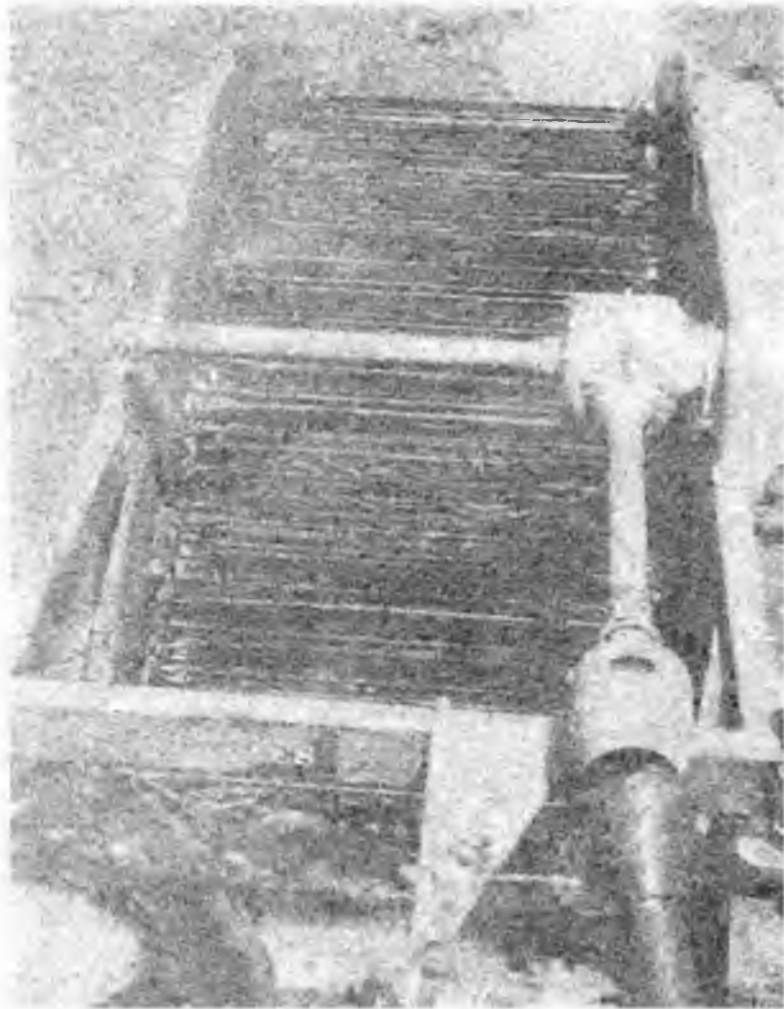


Foto 3. La máquina



Foto 4. Papas dejadas por la máquina

CAVADORA DE CADENA

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

COSECHA MANUAL



Foto 5. Cosecha manual

- b) Lubricantes
- c) Operador

Para calcular estos costos se midieron:

- a) Combustible usado
- b) Horas de trabajo

El uso de combustible se determinó llenando el tanque antes del trabajo en cada parcela y midiendo la cantidad requerida para llenarlo después del trabajo.

2.3.3.3 Costo de la mano de obra.

En cada parcela se contó el número de trabajadores y el tiempo requerido para recoger las papas. En base a estos datos se calcularon los hombre-horas requeridos para recoger una hectárea de papa.

Se registró el costo/día de la mano de obra.

2.3.4. Porcentaje de papa dañada.

Para cada parcela se determinó el porcentaje de papa dañada en un mínimo de cinco muestras al azar de cincuenta papas.

2.3.5. Cantidad de papa dejada en el suelo después de la cosecha.

En cada parcela se cavo un área de 50 m² con un azadón, con el objeto de sacar las papas quedadas en el suelo.

3. RESULTADOS

3.1. Ubicación y descripción de los cultivos.

El ensayo se realizó en dos haciendas situadas en la Provincia del Cotopaxi.

Las repeticiones uno, dos y tres se hicieron en la hacienda La Loma, Parroquia Tanicuchi; y, las repeticiones cuatro y cinco, en la hacienda Pachosala, ubicada en la Parroquia de Lasso.

Algunas características que presentaron los cultivos están resumidas en el cuadro 1.

3.2. Datos primarios.

Los datos tomados en el ensayo, y descritos en las secciones 2.3.2, 2.3.3.2; 2.3.3.3; 2.3.4. y

2.3.5., aparecen en el anexo 2. Un resumen de los datos aparecen en los cuadros 2, 3 y 4.

3.2.1. Hombre hora/hectárea, para recoger.

Estos tiempos se calcularon por extrapolación de los datos de hombre hora requeridos para la superficie cavada.

ej. Tratamiento 1, Repetición 1.

Hombre hora para recoger 2 500 m² = 48,87 (Anexo 2), de donde:

Hombre hora para recoger 1 ha = 195,48 (Cuadro 2).

3.2.2. Tractor hora/hectárea, para cavar.

Debido a la superficie relativamente pequeña de las parcelas, se empleó el tiempo del tractor en trabajo (descontando el tiempo para dar vueltas), más el 25 % de este tiempo para dar una estimación real del tiempo requerido en condiciones normales.

ej. Tratamiento 1, Repetición 1.

Tractor horas en trabajo para cavar 2 500 m² = 0,87 (Anexo 2), de donde:

Tractor horas (total) para cavar 1 ha = 3,48 + 25 % (3,48) = 4,35 (Cuadro 2).

3.2.3. Hombre hora para recoger 50 kg de papa.

Estos datos se calcularon para dar una idea del tiempo requerido para recoger un quintal de papa.

ej. Tratamiento 1, Repetición 1.

Hombre hora para recoger 9 121 lb de papa = 48,87 (Anexo 2), de donde:

Hombre hora para recoger 50 kg de papa = $\frac{48,87 \times 2,2 \times 50}{9 121} = 0,589$ (Cuadro 2).

3.2.4. Porcentaje de papa buena dejada en el suelo.

Todas las papas dejadas en el suelo se cavaron después de la cosecha. El peso total se dividió según la cantidad de papa buena (vendible) y la cantidad de esta no vendible (muy pequeña y da-

CUADRO 1. DESCRIPCION DE LAS CONDICIONES DEL ENSAYO

Repetición	Ubicación	Tipo de suelo	Pendiente promedio (grados)	Altura de los surcos (cm) *	Distancia entre surcos (cm)
1	Hacienda La Loma	Franco arenoso	5	32,3	130
2	Hacienda La Loma	Franco arenoso	7	32,3	130
3	Hacienda La Loma	Franco arenoso	1	32,2	150
4	Hacienda Pachosala	Franco arenoso	4	22,1	120
5	Hacienda Pachosala	Franco arenoso	4	23,9	120

* Los datos referentes a la altura de los surcos son promedio de 10 lecturas, los datos completos se encuentran en el anexo 1.

CUADRO 2. RESUMEN DE LOS DATOS PRELIMINARES PARA TRATAMIENTO 1.
CAVADORA DE MOLINETE

Repetición	Hombre hora/hectárea para recoger	Tractor hora/hectárea para cavar	Hombre hora para recoger 50 kg.	% papa buena dejada en el suelo	% papa dañada
1	195,48	4,35	0,589	2,19	0
2	139,21	4,06	0,552	3,25	5,6
3	137,52	3,75	0,293	3,29	1,6
4	130,00	3,98	0,495	5,54	3,6
5	175,73	4,95	0,475	4,91	6,4
PROMEDIO	155,60	4,22	0,481	3,84	3,4

CUADRO 3 RESUMEN DE LOS DATOS PRELIMINARES PARA EL TRATAMIENTO 2.
CAVADORA DE CADENA

Repetición	Hombre hora/hectárea para recoger	Tractor hora/hectárea para cavar	Hombre hora para recoger 50 kg	°/o papa buena dejada en el suelo	°/o papa dañada
1	133,76	5,55	0,435	1,18	1,1
2	69,76	5,29	0,304	1,19	1,0
3	117,00	3,85	0,300	3,73	1,0
4	136,57	4,73	0,434	2,89	0,33
5	86,60	3,69	0,312	1,97	1,2
PROMEDIO	108,74	4,62	0,357	2,19	0,9

CUADRO 4. RESUMEN DE LOS DATOS PRELIMINARES PARA EL TRATAMIENTO 3.
COSECHA MANUAL

Repetición	Hombre hora/hectárea para recoger	Hombre hora para recoger 50 kg.	°/o papa buena dejada en el suelo	°/o papa dañada
1	233,16	1,080	3,37	17,9
2	269,93	0,819	4,42	12,0
3	496,92	0,998	0,73	11,7
4	297,22	0,801	2,61	19,2
5	356,81	0,912	2,32	15,4
PROMEDIO	330,81	0,922	2,69	15,2

nada). La cantidad de papa buena dejada se convirtió en porcentaje de la cantidad total cosechada.

ej. *Tratamiento 1, Repetición 1.*

Papa buena dejada en 50 m² = 4 lb.
(Anexo 2), de donde:

Papa buena dejada por Ha. = 800 lb.

Producción de papa por hectárea = producción de papa/2 500 m² x 4 = 9 121 x 4 = 36 484 lb, de donde:

Porcentaje de papa buena dejada = $\frac{800}{36\ 484} \times 100 = 2,19\%$. (Cuadro 2).

3.3. Análisis estadístico.

El análisis de variancia de los datos de los cuadros 2, 3 y 4 aparecen en el Anexo 3 con un resumen en el cuadro 5

En el caso de los promedios de hombre-hora por hectárea para recoger, hombre-hora para recoger 50 kg, y porcentaje de papa dañada, la cosecha manual es significativamente ($p = 0,01$) más alto que los promedios de las cosechas semi-mecanizadas que no tienen diferencias significativas entre ellas.

Los promedios de la cantidad de papa dejada en el suelo no varía significativamente entre tratamientos.

Los promedios de tractor-hora por hectárea para cavar en los sistemas semi-mecanizados no difieren significativamente.

3.4. Costos de la cosecha.

Con el fin de calcular los costos por hectárea para recoger la papa para un rango de superficies cavadas, se tiene que calcular los costos de operación fijos y variables.

3.4.1. Costos fijos.

Los costos fijos de maquinaria son aquellos que son independientes de la intensidad con que trabaja la máquina.

Para el tractor y las cavadoras los costos fueron:

- a) Depreciación
- b) Interés sobre la inversión

c) Reparaciones y mantenimiento.

En el cuadro 6 se indican los costos fijos anuales para el tractor y las dos cavadoras.

Los costos fijos por hora dependen del uso anual que recibe la maquinaria. Para el tractor se pueden asumir las 1 200 horas de uso por año porque puede ser usado para varias labores durante el año. En cambio, las cavadoras serían usadas solamente para la cosecha de papa y, por lo tanto el número de horas por año dependerá de la superficie de papa cavada. En los cuadros 7 y 8 se han calculado los valores para un rango de superficies. Los cálculos de estos valores aparecen en el Anexo 4.

3.4.2. Costos variables.

Los costos variables de la operación de la maquinaria son aquellos proporcionales a la intensidad de uso. Para el tractor fueron:

- a) Costos del tractorista
- b) Costo del combustible, y
- c) Costo de los lubricantes.

Para las cavadoras fueron:

- a) Costo de los lubricantes.

En el cuadro 9 se indican éstos valores para el tractor y las cavadoras.

3.4.3. Costo de la mano de obra.

Los tres sistemas requieren una cantidad diferente de mano de obra para recoger la papa. En el cuadro 10 se indican los valores promedios para cada sistema. Los promedios son sacados de los datos del Anexo 2.

3.4.4. Costo total por hectárea para recoger la papa.

Con los datos sacados se puede calcular los costos para recoger la papa con un rango de superficie

En los cuadros 11 y 12 aparecen éstos costos para los dos sistemas semi-mecanizados.

Los costos/hectárea para recoger, con relación al número de hectáreas cavadas, se presentan en el gráfico 1, en el cual puede verse que las curvas para la cavadora de molinete y la cavadora de

CUADRO 5 PROMEDIO DE HOMBRE HORA/HECTAREA PARA RECOGER - HOMBRE HORA PARA RECOGER 50 Kg.
- % PAPA DAÑADA - % PAPA BUENA DEJADA - TRACTOR HORA/HECTAREA PARA CAVAR

Tratamiento	Hombre-hora/hectárea para recoger	Hombre-hora para recoger 50 Kg.	% de papa dañada	% de papa buena dejada	Tractor-hora/hectárea para cavar
1. Cavadora de molinete	155,60 b*	0,48 b	3,44 b	3,84 a	4,22 a
2. Cavadora de cadena	108,74 b	0,36 b	0,93 b	2,19 a	4,62 a
3. Cosecha manual	330,81 a	0,92 a	15,24 a	2,69 a	
C. V. %	33,7	16,57	40,89	49,09	15,26

* Cualquier promedio con la misma letra en la misma columna no difiere estadísticamente a nivel de 5 %, de acuerdo al método de Tukey.

CUADRO 6 COSTOS FIJOS ANUALES DE LA MAQUINARIA (SUCRES)

MAQUINA	Costo inicial	Valor residual	Vida útil (horas)	Reparaciones (% costo inicial)	Costo fijo por año**	Vida útil (año)	Horas uso por año	Costo fijo por hora
Tractor Massey Ferguson 155	220 000	44 000	12 000	50	43 440	10	1200	37.04
Cavadora Ransomes Modelo 9	54 200*	5 420	3 600	40	10 623	10		
Cavadora Ransomes TPD 1008***	34 950*	3 000	3 000	40	6 850	10		

* Costo F. O. B. en la Gran Bretaña más el 50% de transporte y ganancia de la casa comercial.

** Depreciación, interés, etc. Ver anexo 4 para los cálculos.

*** La cavadora Ransomes TPD 1008 no se encuentra ahora en producción.

El modelo está ya modificado y distribuido por Alvan Blanch Development Co., U. K.

CUADRO 7 COSTOS FIJOS POR HORA Y POR HECTAREA PARA LA CAVADORA DE MOLINETE
PARA UN RANGO DE SUPERFICIES CAVADAS POR AÑO

Costo fijo por año (sucres)	Vida útil (años)	Superficie cavada por año (ha.)	Horas para cavar 1 ha.	Horas de uso por año	Costo fijo por hora (sucres)	Costo fijo por hectárea (sucres)
6850	10	5	4,22	21,1	324,64	1369,98
		10		42,2	162,32	684,99
		20		84,4	81,16	342,49
		23,5		99,08	69,14	291,75
		40		168,8	40,58	171,24
		60		253,2	27,05	114,16
		80		337,6	20,29	85,62
		120		506,4	13,52	57,05

CUADRO 8 COSTOS FIJOS POR HORA Y POR HECTAREA PARA LA CAVADORA DE CADENA
PARA UN RANGO DE SUPERFICIES CAVADAS POR AÑO

Costo fijo por año (sucres)	Vida útil (años)	Superficie cavada por año (ha.)	Horas para cavar 1 ha.	Horas de uso por año	Costo fijo por hora (sucres)	Costo fijo por hectárea (sucres)
10623	10	5	4,62	23,1	459,87	2124,59
		10		46,2	229,93	1062,27
		20		92,4	114,97	531,16
		23,5		108,5	97,93	452,44
		40		184,8	57,48	265,55
		60		277,2	38,32	177,63
		80		369,6	28,74	132,77
		120		554,4	19,16	88,51

CUADRO 9. COSTOS VARIABLES DE LA MAQUINARIA POR HORA (SUCRES)

Máquina	Tractorista *	Combustible **	Aceite	Otros lubricantes ****	Total
Tractor MF 135	11,25	4,22	2,31 ***	1,00	19,78
Cavadora de molineta Ransomes TPD 1008	—	—	0,50	1,50	2,00
Cavadora de cadena Ransomes Modelo 9	—	—	0,50	1,00	1,50

* A S/. 90,00 por un día de 8 horas.

** A S/. 3,50 por galón (U.S.) (0,925/litro). Ver anexo 5 para el combustible usado/hora.

*** Aceite del motor (capacidad 6,8 litros), cambiando cada 200 horas. Precio del aceite S/. 68,00/litro.

**** Estimado.

CUADRO 10. MANO DE OBRA REQUERIDA PARA RECOGER LAS PAPAS

Tratamiento	Mano de obra requerida para recoger (Hombre - hora/hectárea)	Costo de mano de obra para recoger 1 ha. (sucres) *
Cavadora de molineta	155,60	583,50
Cavadora de cadena	108,74	407,78
Manual	330,81	1 240,54

* Se pagan S/. 30,00 por hombre-día que son S/. 3,75 por hombre-hora.

CUADRO 11. COSTOS TOTALES POR HECTAREA PARA RECOGER LA PAPA CON LA CAVADORA DE MOLINETE
PARA UN RANGO DE SUPERFICIES (SUCRES)

Superficie cavada por año (ha.)	Costos fijos por hectárea		Costos variables por hectárea***		Costo de mano de obra por hectárea****	Costo total por hectárea
	Tractor	Cavadora**	Tractor	Cavadora		
5	156,31*	1369,98	83,47	8,44	583,50	2201,70
10	156,31	684,99	83,47	8,44	583,50	1516,71
20	156,31	342,49	83,47	8,44	583,50	1174,21
23,5	156,31	291,75	83,47	8,44	583,50	1123,47
40	156,31	171,24	83,47	8,44	583,50	1002,96
60	156,31	114,16	83,47	8,44	583,50	945,88
80	156,31	85,62	83,47	8,44	583,50	917,34
120	156,31	57,05	83,47	8,44	583,50	888,77

* Costo fijo/hora (cuadro 6) por horas de trabajo/hectárea (cuadro 2).

** Cuadro 7.

*** Costos variables/hora (cuadro 9) por horas de trabajo/hectárea (cuadro 2).

**** Hombre hora/hectárea para recoger (cuadro 2) por costo por hora (S/. 3,75).

CUADRO 12. COSTOS TOTALES POR HECTAREA PARA RECOGER LA PAPA CON LA CAVADORA DE CADENA
PARA UN RANGO DE SUPERFICIES (SUCRES)

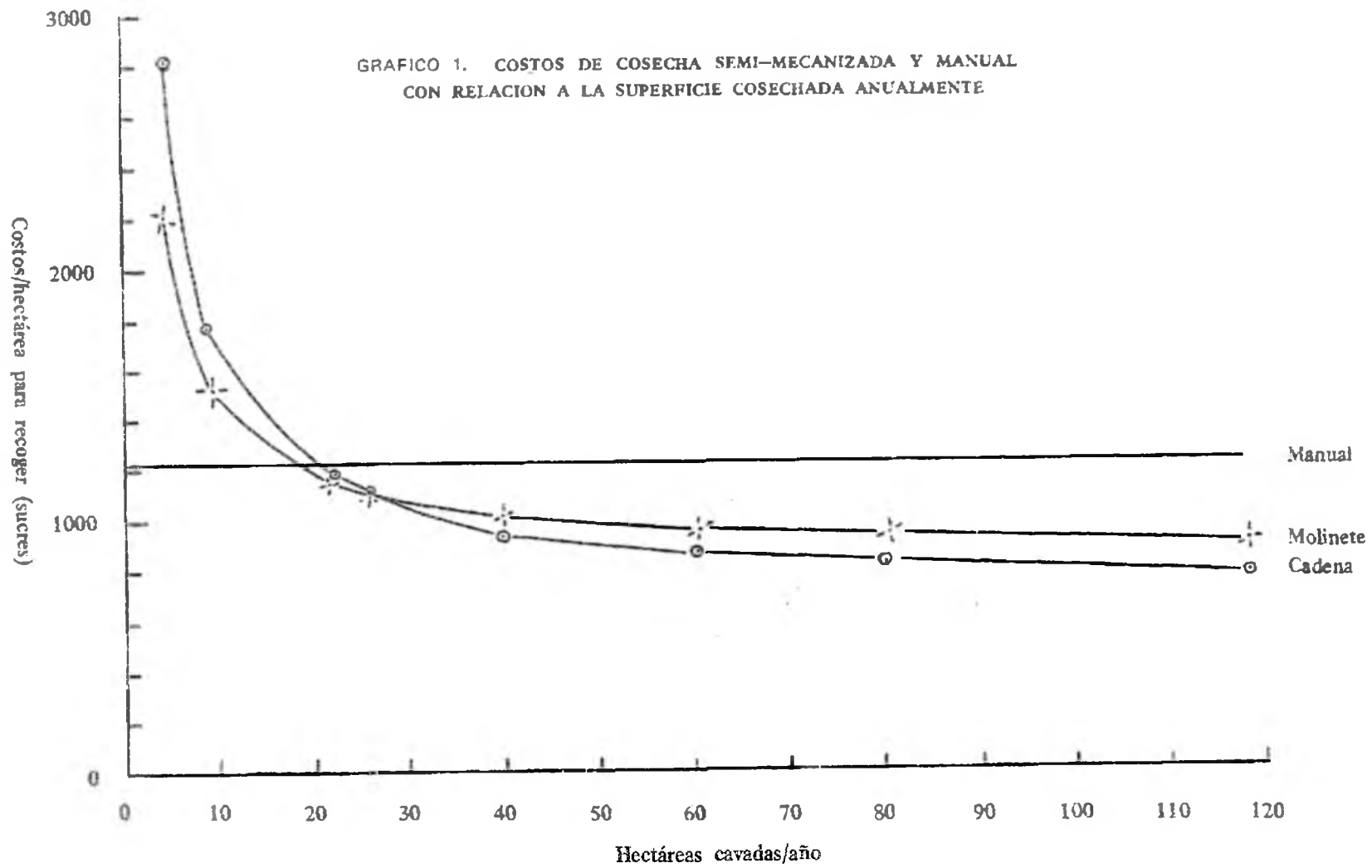
Superficie cavada por año (ha.)	Costos fijos por hectárea		Costos variables por hectárea***		Costo de mano de obra por hectárea****	Costo total por hectárea
	Tractor	Cavadora**	Tractor	Cavadora		
5	171,12*	2124,59	91,38	6,93	407,78	2801,80
10		1062,27	91,38	6,93	407,78	1667,87
20		531,16	91,38	6,93	407,78	1208,30
23,5		452,44	91,38	6,93	407,78	1129,65
40		265,55	91,38	6,93	407,78	942,76
60		177,03	91,38	6,93	407,78	854,24
80		132,77	91,38	6,93	407,78	809,98
120		88,51	91,38	6,93	407,78	765,72

* Costo fijo/hora (cuadro 6) por horas de trabajo/hectárea (cuadro 3).

** Cuadro 8.

*** Costos variables/hora (cuadro 9) por horas de trabajo/hectárea (cuadro 3).

**** Hombre horas para recoger (cuadro 3) por costo por hora (S/. 3,75).



cadena se unen en un punto que corresponde aproximadamente a una superficie cavada de 24,5 ha. Para saber precisamente este hectareaje se hace el siguiente calculo:

Para los sistemas semi-mecanizados, los costos totales/hectárea son los costos fijos de la cavadora y del tractor, los costos variables para el tractor y cavadora más el costo de mano de obra. (Cuadros 11 y 12).

En el caso de la cavadora de molinete, el costo total en sures/hectárea fue de:

831,72 + costo fijo/hectárea de la cavadora de molinete.

$$S/. 831,72 = 156,31 + 83,47 + 8,44 + 583,50. \text{ (Cuadro 11).}$$

Para la cavadora de cadena fue de:

677,21 + costo fijo/hectárea de la cavadora de cadena.

$$S/. 677,21 = 171,12 + 91,38 + 407,78. \text{ (Cuadro 12).}$$

En el gráfico 1 se observa que las curvas de costo/hectárea se cruzan y por lo tanto:

$$831,72 + \text{costos fijos/hectárea de la cavadora de molinete} = 677,21 + \text{costos fijos/hectárea de la cavadora de cadena} \quad (1)$$

Además, se sabe (de cuadros 7 y 8) que:

$$\text{Costos fijos/hectárea de la cavadora de molinete} = \frac{6850}{S} \quad (2)$$

donde S = la superficie cavada, y

$$\text{Costos fijos/hectárea de la cavadora de cadena} = \frac{10623}{S} \quad (3)$$

Substituyendo en fórmula 1 se tiene:

$$831,72 + \frac{6850}{S} = 677,21 + \frac{10623}{S} \quad (4)$$

de donde S = 24,42 ha.

La cosecha manual cuesta S/ 1 240,54/ha (cuadro 10), de este valor puede calcularse la superficie cavada donde se une la curva para la cosecha y las curvas para la cavadora de molinete y de cadena

La superficie donde el costo por hectarea para la cavadora de molinete es igual al costo para la cosecha manual es 16,76 ha y, para la cavadora de cadena y cosecha manual es 18,86 ha.

4. DISCUSION

4.1. Generalidades

El experimento demuestra que las máquinas son capaces de trabajar eficientemente en suelo franco arenoso sobre pendientes de hasta 7°. pero se conoce que las máquinas son capaces de trabajar en pendientes mayores.

En otras partes del mundo, con ambas máquinas, se han realizado trabajos durante muchos años en diversas condiciones de suelos y pendientes. Por esta razón se cree que no habrían problemas en la utilización de las máquinas en la gran mayoría de las condiciones topográficas del país. En las repeticiones 1, 2 y 3, tanto el promedio de la altura de los surcos (32,3 cm), como la distancia entre éstos (130 a 150 cm), fueron mayores que las normales. Las máquinas trabajaron bien en éstas condiciones que necesitan el movimiento de una gran cantidad de suelo para cavar las papas.

4.2. Tiempo para recoger

La mano de obra requerida para recoger la papa es muy reducida en los sistemas semi-mecanizados comparados con la cosecha manual.

La cavadora de molinete necesita un promedio de 155,6 hombre-hora/hectárea y la cavadora de cadena 108,74. Los tiempos no difieren significativamente, sin embargo cuando son comparados con el tiempo para la cosecha manual (330,81 hombre-hora/hectárea) hay una diferencia muy significativa (P = 0,01)

El tiempo requerido para recoger 50 kg de papa tiene el mismo resultado. Empleando la cavadora de molinete se necesita un promedio de 0,481 hora (28,86 minutos) y para la cavadora de

cadena 0,357 hora (21,42 minutos). Los tiempos no difieren significativamente, sin embargo en el caso de la cosecha manual el tiempo es 0,922 hora (55,32 minutos), lo cual es significativamente diferente ($P = 0,01$) a los tiempos para la cosecha semi-mecanizada.

4.3. Tractor hora para cavar.

Los tratamientos semi-mecanizados son los únicos que emplean el tractor. Los tiempos (4,22 horas para la cavadora de molinete; 4,62 horas para la cavadora de cadena) no difieren significativamente.

4.4. Porcentaje de papa dejada en el suelo.

Las papas dejadas en el suelo fueron muy pocas en todos los tratamientos. Los resultados (3,84 % para la cavadora de molinete; 2,19 % para la cavadora de cadena y 2,69 % para la cosecha manual), no difieren significativamente.

4.5. Porcentaje de papa dañada.

En esta prueba, los sistemas semi-mecanizados demuestran una gran ventaja. No hubo diferencia significativa entre los promedios del porcentaje de papa dañada por las máquinas (3,4 % para la cavadora de molinete y 0,9 % para la cavadora de cadena); sin embargo, entre ellos y el de la cosecha manual (15,2 %) hubo una diferencia altamente significativa ($P = 0,01$).

4.6. Costos de la cosecha.

La figura 1 y los cálculos (página 9), indican que un agricultor puede justificar la inversión en una cavadora con superficies relativamente bajas.

Comparando la cosecha manual con la cavadora de molinete se justificaría un cambio al sistema tecnificado con una superficie de cosecha de 16,76 hectáreas. Para la cavadora de cadena se justificaría el cambio del sistema manual a las 18,86 hectáreas, pero con esta superficie sería más económico trabajar con la cavadora de molinete en vista de que el costo por hectárea de los sistemas semi-mecanizados se equilibra a las 24,42 hectáreas.

Con una superficie menor de 24,42 hectáreas la cavadora de molinete es más barata que la cava-

dora de cadena porque su costo inicial es más bajo (S/. 34 950) que el de la cavadora de cadena (S/. 54 200). Por lo tanto, los costos fijos por año son más bajos (S/. 6 850 para la cavadora de molinete y S/. 10 623 para la cavadora de cadena)

Pasando las 24,42 hectáreas, el efecto de la mano de obra es mayor (cuadros 11 y 12) y, por lo tanto, el costo por hectárea para la cavadora de cadena es menor que el de la cavadora de molinete.

La diferencia en la mano de obra utilizada se debe a que la cavadora de cadena deja todas las papas en la superficie y la cavadora de molinete cubre algunas papas con suelo y hubo que raspar un poco (ver fotos 2 y 4)

5. CONCLUSIONES

Se ha demostrado que la inversión en cavadoras se justifica con superficies de 16 a 18 hectáreas, aproximadamente

En el lugar del experimento es costumbre del agricultor vender sus papas a un intermediario que se encarga de cavar y venderlas en el mercado. La superficie cavada por los compradores casi siempre supera las 18 hectáreas, puesto que ellos cavan en varias propiedades. Entonces, la semi-mecanización de la cosecha sería de interés para éstas personas.

Los agricultores venden las papas a un precio mucho más bajo que el del mercado (25-30 % en el ensayo) y dicen que la razón es la escasez de tiempo y mano de obra para el cave. Mecanizando esta labor solucionarían la escasez de estos recursos y, consecuentemente, les permitiría cavar sus papas y mejorar sus retornos financieros.

La gran mayoría de los campesinos que cavan para los compradores, tienen sus propios terrenos y la aceleración del trabajo, por medio de la maquinaria, permitiría dar más atención a éstos terrenos, lo cual daría, probablemente, mayores ingresos para ellos.

El precio de la papa en el mercado es muy variable y una de las dificultades es cavar rápidamente cuando este sea alto. El mayor rendimiento del cave mecanizado da la posibilidad de aprovechar precios altos.

El daño hecho a las papas tiene un efecto directo al precio recibido en el mercado y se ha visto que el uso de maquinaria reduce mucho la cantidad de papa dañada.

6. REFERENCIAS

SCHWARTZ, M. (1974 a). Cuándo se justifica la mecanización. Publicación Miscelánea No. 17, Departamento de Economía Agrícola, INIAP, Ecuador.

SCHWARTZ, M. (1974 b). El uso del método de flujo de caja en la planificación de investigación agrícola. Publicación Miscelánea No. 22, Departamento de Economía Agrícola, INIAP, Ecuador.

ANEXO 1.

ALTURA DE SURCOS EXPRESADA EN CENTIMETROS

REPETICIONES					
	1	2	3	4	5
	35		32	23	24
	35		36	17	23
	30		34	26	24
	34		31	22	25
	36		29	14	23
	28		32	24	27
	26		33	25	24
	31		31	25	22
	32		33	20	21
	36		32	25	26
Promedio	32.3		32.3	22.1	23.9

ANEXO 2.

DATOS TOMADOS EN EL ENSAYO

Repet.	Tratam.*	Superficie cavada (m ²)	Tiempo para recoger (h)	No. de jornaleros **	Hombre horas para recoger	Tractor horas para cavar			Producción de papas (lb)	Papas dejadas en 50 m ² (lb)		%/o papas dañadas	Combustible usado (litros)
						Total	en trabajo	en vueltas		Total	Buenas		
1	1	2 500	5,75	8,5	48,87	1,16	0,87	0,29	9 121	14	4	0	5,0
	2	2 500	6,08	5,5	33,44	2,59	1,11	1,48	8 452	11	2	1,1	11,36
	3	2 500	***		58,29	—	—	—	5 933	11	4	17,85	—
2	1	1 752	2,87	8,5	24,39	0,83	0,57	0,26	4 856	10	4,5	5,6	4,55
	2	1 680	2,93	4	11,72	1,30	0,71	0,59	4 245	11	1,5	1,0	4,50
	3	1 653	5,25	8,5	44,63	—	—	—	5 986	22	8	12,0	—
3	1	1 200			28,88	0,82	0,63	0,19	6 204	17	8,5	1,6	3,98
	2	1 200	1,17	12	14,04	0,55	0,37	0,18	5 154	22	8	1,0	2,27
	3	1 200	***		59,63	—	—	—	6 574	7,5	2	11,7	—
4	1	840	2,73	4	10,92	0,48	0,27	0,21	2 426	16	8	3,6	2,27
	2	979	***		13,37	0,71	0,37	0,34	3 389	16	5	0,33	3,68
	3	1 976	7,83	7,5	58,73	—	—	—	7 577	14	5	19,2	—
5	1	450	1,13	7	7,91	0,27	0,18	0,09	1 833	20	10	6,4	1,25
	2	2 575	11,15	2	22,30	1,09	0,76	0,33	7 854	6,5	3	1,2	4,55
	3	720	3,67	7	25,69	—	—	—	3 100	12	5	15,4	—

* Tratamiento 1 — cavadora de molinete
 Tratamiento 2 — cavadora de cadena
 Tratamiento 3 — cosecha manual

** Se considera un niño como medio hombre

*** El cave de esta parcela no fue continuo y se lo hizo con un número variable de jornaleros

ANEXO 3.

CUADRADOS MEDIOS DE LOS ANALISIS DE VARIANCIA DE LOS DIFERENTES PARAMETROS ESTUDIADOS

F. de V.	G. L.	Hombre/hora/hectárea para recoger	Hombre-hora para recoger 50 Kg.	% de papa buena dejada en el suelo	% de papa dañada	G. L.	Tractor hora/hectárea para cavar C. M.
Tratamientos	2	68 507,9071 **	0,4410 **	3,5533	292,0423 **	1	0,4080
Error	8	4 480,0732	0,0094	2,0350	7,1414	8	0,4546
C. V. %		33,7	16,57	49,09	40,89		15,26

ANEXO 4.

CALCULO DE LOS COSTOS FIJOS DE LA MAQUINARIA

1. Tractor MF 135

a) Depreciación

$$\begin{aligned} \text{Depreciación anual} &= \frac{\text{costo inicial} - \text{valor residual}}{\text{años de vida útil}} \\ &= \frac{220\,000 - 44\,000}{10} \\ &= 17,600 \text{ sucres} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Depreciación por hora} &= \frac{\text{Depreciación anual}}{\text{horas de uso por año}} \\ &= \frac{17\,600}{1\,200} = 14,67 \text{ sucres} \end{aligned}$$

b) Interés sobre la inversión

$$\begin{aligned} \text{Inversión promedio} &= \frac{\text{costo inicial} + \text{valor residual}}{2} \\ &= \frac{222\,000 + 44\,000}{2} \\ &= 132,000 \text{ sucres} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interés anual promedio} &= \text{inversión promedio} \times \text{tasa de interés} \\ &= 132,000 \times \frac{12}{100} \text{ sucres} \\ &= 15\,840 \text{ sucres} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interés por hora} &= \frac{\text{interés anual promedio}}{\text{horas uso al año}} \\ &= \frac{15\,840}{1\,200} = 13,2 \text{ sucres} \end{aligned}$$

c) Reparaciones y mantenimiento

Por experiencia se ha dado una estimación del costo de las reparaciones y mante-

nimiento que necesitaría un tractor durante su vida. Se toma una cifra del 50 % del costo inicial

$$\begin{aligned} \text{Costo de reparación y mantenimiento} &= \text{costo inicial} \times \frac{50}{100} \text{ sucres} \\ &= 220\,000 \times \frac{50}{100} \text{ sucres} \\ &= 110\,000 \text{ sucres} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo por hora} &= \frac{110\,000}{12\,000} \text{ sucres} \\ &= 9,17 \text{ sucres} \end{aligned}$$

d) Total de costos fijos por hora

$$\begin{aligned} \text{Costos fijos por hora} &= \text{depreciación/hora} + \text{interés/hora} \\ &\quad + \text{reparaciones y mantenimiento/hora} \\ &= 14,67 + 13,20 + 9,17 \text{ sucres} \\ &= 37,04 \text{ sucres.} \end{aligned}$$

2. Cavadora Ransomes, modelo 9.

a) Depreciación

$$\begin{aligned} \text{Depreciación anual} &= \frac{54\,200 - 5\,420}{10} \text{ sucres} \\ &= 4\,878 \text{ sucres} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Depreciación por hora} &= \frac{4\,878}{300} \text{ sucres} \\ &= 16,26 \text{ sucres} \end{aligned}$$

b) Interés sobre la inversión

$$\text{Inversión promedio} = \frac{54\,200 + 5\,420}{2}$$

$$= 29\,810 \text{ sucres}$$

$$\text{Interés anual promedio} = 29\,810 \times \frac{12}{100}$$

$$= 3\,577,2 \text{ sucres}$$

$$\text{Interés por hora} = \frac{3\,577,2}{300} = 11,92 \text{ sucres}$$

c) Reparaciones y mantenimiento

$$\text{Costo de reparaciones y mantenimiento} = 54\,200 \times \frac{40}{100} \text{ sucres}$$

$$= 21\,680 \text{ sucres}$$

$$\text{Costo por hora} = \frac{21\,680}{3\,000} = 7,23 \text{ sucres}$$

d) Total de costos fijos por hora

$$\text{Costos fijos por hora} = 16,26 + 11,92 + 7,23$$

$$= 35,41 \text{ sucres}$$

3. Cavadora Ransomes TPD 1008.

a) Depreciación

$$\text{Depreciación anual} = \frac{34\,950 - 3\,495}{10}$$

$$= 3\,145,5 \text{ sucres}$$

b) Interés sobre la inversión.

$$\text{Inversión promedio} = \frac{34\,950 + 3\,495}{2}$$

$$= 19\,222,5 \times \frac{12}{100}$$

$$= 2\,306,7 \times \frac{12}{100}$$

$$= 2\,306,7 \text{ sucres}$$

$$\text{Interés por hora} = \frac{2\,306,7}{300} = 7,69 \text{ sucres}$$

c) Reparaciones y mantenimiento

$$\text{Costo de reparaciones y mantenimiento} = 34\,950 \times \frac{40}{100}$$

$$13\,980 \text{ sucres}$$

$$\text{Costo por hora} = \frac{13\,980}{3\,000} = 4,66 \text{ sucres}$$

d) Total de costos fijos por hora

$$\text{Costos fijos por hora} = 10,49 + 7,69 + 4,66$$

$$= 22,84 \text{ sucres.}$$

ANEXO 5.

DIESEL USADO POR HORA POR EL TRACTOR (LITROS)

REPETICION	TRATAMIENTO		PROMEDIO
	1	2	
1	4,55	4,39	
2	5,48	3,46	
3	4,85	4,13	
4	4,76	5,21	
5	4,61	4,17	
Promedio	4,85	4,27	4,56

PRODUCCION:
INFORMACION TECNICA DEL INIAP D 33 D-4
Casillia 2800 – Quito-Ecuador
Marzo, 1980 – SIP-010
Boletín Técnico No. 20 (Reimpresión)
Editor: Ismael Tufiño N.
Impresión: INIAP
CdeL.