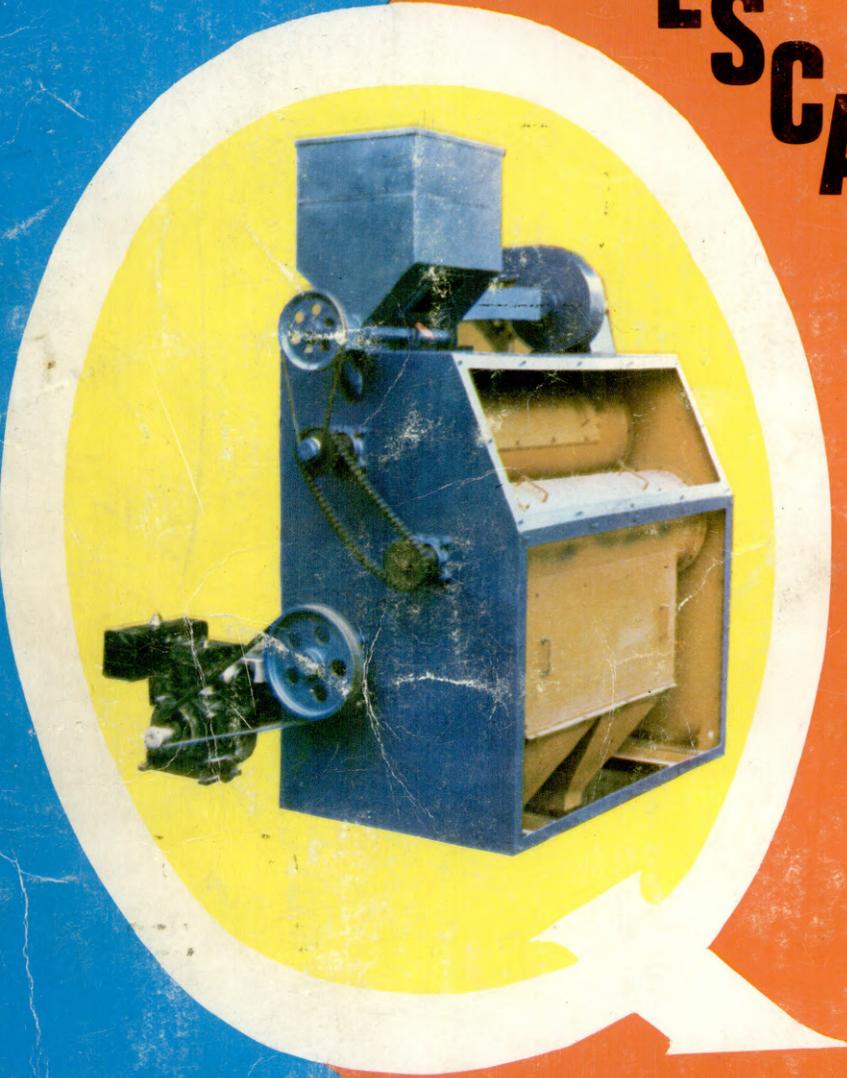


INSTITUTO INTERAMERICANO
DE CIENCIAS AGRICOLAS
OFICINA EN PERU



ESCARIFICADORA DE

QUINUA

DISEÑO Y CONSTRUCCION

HUGO A. TORRES
ILDAURO MINAYA

ICA
4-243
980
FN-1725
Publicaciones Misceláneas N° 243

LIMA, PERU, 1980

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS

Oficina en Perú

ESCARIFICADORA DE QUINUA

DISEÑO Y CONSTRUCCION

Hugo A. Torres
IICA

Ildauro Minaya
IIA



Publicación Miscelánea No. 243

CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION

"RODRIGO PEÑA"

IICA - COLOMBIA

Lima - Perú
1980

This One



U8U2-AE6-TA8K

Digitized by Google

ITCA
PH-243
7980
1/12 - 7725

C O N T E N I D O

	Pág.
INTRODUCCION	5
ALGUNAS CARACTERISTICAS BOTANICAS DEL GRANO	6
Generalidades	6
Características del grano	6
Composición química del grano	8
Rendimientos	
Características del consumo de la quinua	8
TECNOLOGIA DE LA EXTRACCION DE LA SAPONINA	10
DISEÑO DEL EQUIPO PROTOTIPO ESCARIFICADOR	11
Observaciones preliminares	11
Descripción de la máquina prototipo y flujo del proceso de escarificado	13
Resultados finales	15
Conclusiones y recomendaciones del equipo prototipo	16
DISEÑO Y CONSTRUCCION FINAL DE LA MAQUINA ESCARIFICADORA	16
Justificación	16
Partes constitutivas de la máquina	16
Ensayo de escarificación	23
Pruebas de control	24
Pruebas de escarificación de máquina con capacidad de 240 kg/hora	25
EVALUACION ECONOMICA DE LA MAQUINA	25
BIBLIOGRAFIA	27

I. INTRODUCCION

El realizar innovaciones tecnológicas y el adaptar tecnologías apropiadas para pequeños agricultores, tiene la satisfacción de poder verificar a corto plazo que sus ingresos se ven sustancialmente incrementados en la ejecución de proyectos integrados, en donde se solucionen no sólo problemas a los sistemas de producción, sino a los procesos tecnológicos semiindustriales a nivel rural.

Dichos beneficios son mayores, siempre y cuando el valor agregado originado por la innovación tecnológica llegue a las manos de los agricultores.

El esfuerzo del IICA y de las entidades participantes en el proyecto del Fondo Simón Bolívar "Fomento de la Producción Agroindustrial de la Quinua en Puno", estuvo orientado, entre otros, a resolver un problema tecnológico: el eliminar el sabor amargo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), mediante un sistema mecánico, llamado de "escarificación".

Para lograrlo, se efectuó un diagnóstico del valor económico que representaba para los agricultores el tener a su disposición una máquina que permitiera eliminar el elemento "saponina", responsable por el sabor amargo de la quinua. Posteriormente se entró en una etapa de experimentación industrial, la cual a través del sistema comercial lograra un grano sin la saponina. Esto, llevado de tal manera, que los mismos agricultores pudieran obtener mayores ingresos por su producto, utilizando un método sencillo, adecuado a las condiciones del mercado y cuyo costo de procesamiento estuviera acorde con los sistemas modernos de industrialización y con el mínimo de pérdidas de los valores proteínicos del grano.

El resultado final es que se cuenta con la máquina escarificadora de quinua, actualmente en uso y a disposición de los agricultores de Puno.

Se desea dejar constancia de los diferentes esfuerzos realizados, durante la ejecución del proyecto del Fondo Simón Bolívar en el Perú, por diversas personas y entidades participantes en el mismo. Se debe destacar el apoyo decidido y muy especial del Instituto de Investigaciones Agroindustriales (IIA) en todas las etapas del diseño, comprobación, construcción de la máquina prototipo y definitivo; así como el uso de sus laboratorios de tecnología. Este documento trata de reflejar la experiencia lograda en beneficio de pequeños productores en áreas marginales, con un producto autóctono como es la quinua.

El presente trabajo comienza dando una descripción muy general sobre las características del grano, la composición química del mismo, así como las características del consumo de la quinua a nivel doméstico. En segundo lugar, se analizan los aspectos de la tecnología de la extracción de la saponina y las pruebas experimentales realizadas a nivel de laboratorio. Posteriormente, se describe minuciosamente la manera como se llevó a cabo el diseño y construcción de la máquina prototipo. Con base en las conclusiones y recomendaciones obtenidas, se realizó la construcción de la máquina definitiva, la cual está en funcionamiento y en manos de los agricultores. Finalmente, se hace una presentación sobre las posibilidades económicas de la máquina y lo que significa para los agricultores de una región como la de Puno, Perú.

II. ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL CULTIVO

A. GENERALIDADES

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es una planta autóctona de la región andina y originaria del altiplano peruano desde épocas precolombinas. Dicho producto se ha utilizado conjuntamente con la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) como fuente proteínica y energética en la alimentación de amplios sectores de la población.

Durante la cosecha de 1979-80 se sembraron en el altiplano de Puno, alrededor de 16000 hectáreas, dentro de las cuales se ha venido influenciando con el Proyecto "Fomento de la Producción Agroindustrial de la Quínoa en el Departamento de Puno" (IICA-Ministerio de Agricultura y Alimentación - Fondo Simón Bolívar), en 4600 hectáreas.

B. CARACTERISTICAS DEL GRANO

El fruto de la quinua es un aquenio, constituido por el perigonio que contiene una semilla la que se desprende con facilidad al frotar el fruto cuando está seco. El perigonio en estado maduro, es de forma lenticular o elipsoidal.

El pericarpio del fruto que está pegado a la semilla, presenta alvéolos y en algunas variedades se puede separar fácilmente. Para consumirlo, algunas poblaciones de los Andes separan el pericarpio tostando primero el grano y frotándolo después con los pies en un mortero de piedra. Pegada al pericarpio se encuentra la *saponina*, que le *transfiere el sabor amargo*.

"La semilla está envuelta por el episperma en forma de una membrana delgada. El embrión está formado por los cotiledones y la radícula, y constituye la mayor parte de la semilla que envuelve el perisperma como un anillo. El perisperma es almidonoso y normalmente de color blanco".(1)

Las variedades de quinua más comúnmente producidas por los agricultores del Departamento de Puno son:

Kancolla	Variedad tardía (179 días) grano blanco - semidulce tamaño medio (1.5 mm) variedad resistente a bajas temperaturas.
Cheweca	Variedad tardía (170-180 días) grano blanco, casi dulce, tamaño pequeño (1.2 mm)
Blanca de Juli	Variedad tardía (179 días) grano blanco, con bajo contenido de saponina, tamaño mediano (1.4 mm)
Sajama	Variedad precoz, grano blanco, tamaño grande (2 mm) casi libre de saponina

Los campesinos del área del Proyecto (4600 has) siempre se han decidido por producir un 75 o/o de las variedades amargas, por ser más resistentes a plagas y enfermedades y a la poca incidencia del ataque de los pájaros. Las variedades consideradas amargas son la Kancolla y la Blanca de Juli.

(1) Tapla, Mario, et. al. Quínoa y cañihua, Cultivos andinos, Bogotá, IICA-CIID, 1979. 228 p.

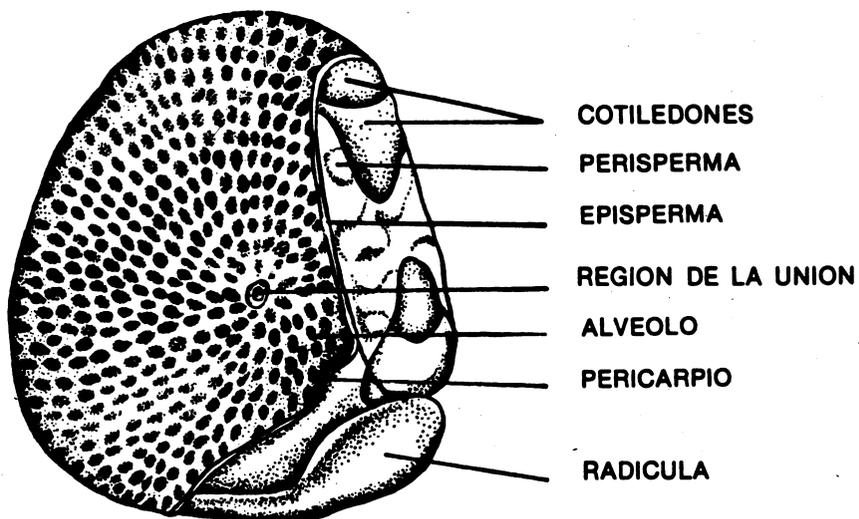


Fig. 1. Partes del fruto de la quinua.

Tomado de: Tapia, M. et. al Quinua y Kafiwua; Cultivos andinos.
Bogotá, IICA y CIID. 1979. p. 28.

C. COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO

En los cuadros 1 y 2 se muestran los resultados preliminares de la composición química en los trabajos realizados por la Estación Experimental Agrícola de Tahuaco (CIAG-Sur, Ministerio de Agricultura y Alimentación), Estación Experimental Agrícola de Camacani de la Universidad Nacional Técnica del Altiplano, y trabajos realizados en colaboración con el Instituto de Investigaciones Agroindustriales (IIA) del Ministerio de Agricultura y Alimentación.

Cuadro 1

Composición química de la semilla de quinua (promedio)

Elemento	o/o	Elemento	o/o
Humedad	12	Potasio	1.6
Proteína(a)	18	Calcio	0.3
Proteína (b)	10	Magnesio	0.2
Extr. Etéreo	4.5	Sodio	0.01
Fibra	5.1	Manganeso*	65
Ceniza	2.6	Cobre*	12
Extr. libre N	63	Hierro*	270
Fósforo O	0.4	Zinc*	40

(a) y (b) máximo y mínimo encontrados
* ppm.

Tomado de: Blasco Mario, Composición química de la quinua cultivada en el altiplano de Puno, Perú. Turrilba 29: 219-221. 1979.

D. RENDIMIENTOS

Mientras que en promedio regional de la agricultura tradicional se logran rendimientos de 450 kilos por hectárea, en el área del Proyecto del Fondo Simón Bolívar en Puno, se han logrado rendimientos promedios de 1300 kilos/ha en la cosecha de 1980. Así mismo, en resultados experimentales se ha logrado rendimientos de más de 3000 kilos/ha en semilleros oficializados con agricultores y más de 3500 kilos/ha en las Estaciones Experimentales Agrícolas de Tahuaco y Camacani, en el Departamento de Puno.

E. CARACTERISTICAS DEL CONSUMO DE LA QUINUA

El campesino tradicional y el ama de casa de la ciudad, consumen la quinua producida de manera directa. Para ello, lavan la quinua por tres y cuatro veces, con el fin de eliminar el sabor amargo de las diferentes variedades, debido al contenido de saponina o compuestos amargos.

El término "saponina" se aplica a dos grupos de glucósidos vegetales, uno de ellos compuesto por los glucósidos triterpenoides de reacción ligeramente ácida y el otro por los más raros, derivados del perhidro 1, 2, ciclopentanofenantreno, es decir, esteroides.⁽¹⁾

La industria procesadora de quinua lava el grano, lo seca y lo transforma en diversas clases de productos, siendo los principales los siguientes: hojuelas de quinua, harina cruda de quinua, harina tostada, harina instantánea, sémola, maná de quinua, fideos de quinua. Además existe una amplia experiencia de recetas de cocina que tienen por base a la quinua.

Contenido de aminoácidos (mg/gr de nitrógeno total) del grano comparado con otros alimentos (determinado por Cromatografía de Columna)

E L E M E N T O	Quinoa Chenopodium quinoa	Trigo grano entero	Soya	Avena Grano entero	Maíz Grano entero	Lupino Grano entero	Leche Pasteu- rizada	Patrón FAO Huevo ente- ro de gallina	Patrón Caseí- na
Humedad gr/100 gr	12	12	8.0	10	12	—	87.34	74	—
Nitrógeno	1.92	2.09	6.65	2.23	1.52	4.99	0.55	1.98	2.08
Factor conversión (N)	6.25	5.83	5.71	5.38	6.25	6.25	6.38	6.25	6.38
Proteína gr/100 gr	12.00	12.2	38.0	13.0	9.5	31.2	3.5	12.4	13.3
Calorías Prote (o/o)	12.6	13.1	39.4	12.0	7.3	—	23.0	33.2	—
Isoleucina mg/gr N total	225	204	204	236	230	274	399	393	345
Leucina mg/gr total	375	417	486	454	783	449	782	551	607
Metionina (S) No. total	125	94	79	105	120	47	156	210	178
Cistina (S)	Trazas	159	83	167	97	87	—	152	23
Fenilalanina	256	282	309	313	305	231	434	358	334
Tirosina	175	187	196	206	239	221	396	260	371
Treonina	219	183	241	207	225	228	278	320	297
Triptofano	—	—	80	—	44	63	—	—	—
Valina	281	276	300	319	303	252	463	428	430
Arginina	238	288	452	393	262	594	160	381	239
Histidina	150	143	158	131	170	163	214	152	186
Alanina	294	226	266	284	471	221	255	370	196
Acido Aspártico	456	308	731	482	392	685	424	601	455
Acido Glutámico	744	1866	1169	1309	1184	1372	1151	796	1406
Glicina	325	245	261	294	231	259	144	207	126
Prolina	194	621	343	324	559	257	514	260	738
Serina	231	287	320	294	311	317	342	478	385
No. Muestras	1	89	42	25	83	9	2	10	7

FUENTE: "Contenido de Aminoácidos de los Alimentos y Datos Biológicos sobre las Proteínas" de la FAO, Roma, 1970.

Por consiguiente la quinua para consumo, tiene un amplio mercado sin el contenido de saponina. El esfuerzo tecnológico ha estado orientado a eliminar la saponina responsable por el sabor amargo, la cual está presente en las coberturas externas del grano.

III. TECNOLOGIA DE LA EXTRACCION DE LA SAPONINA

Con la finalidad de extraer la saponina de la quinua, en el Perú se han realizado experimentos, utilizando básicamente dos métodos: el método húmedo, que consiste en lavar la quinua por agitación mecánica y el método seco o escarificado, consistente en la separación del episperma del grano por medio de dispositivos mecánicos con fricciónamiento de los granos de quinua contra las paredes del cilindro escarificador.

A excepción del proceso seco, el otro proceso presenta hasta el momento desventajas de orden práctico, como son los bajos rendimientos y la dificultad de llevarlos a la práctica para su aplicación a mayor escala; debido a que el manipuleo del grano húmedo así como la formación de espuma y la operación de secado, son problemas aún no resueltos. Sin embargo, se sigue haciendo investigación y experimentación sobre el particular.

Por lo dicho y teniendo en cuenta que el mayor porcentaje de la producción nacional de quinua —vale decir, el grano trillado— es consumido directamente por las amas de casa, se decidió diseñar y construir una máquina que cumpliera el método seco, es decir que eliminara el mayor contenido de saponina. Esto, separando la cobertura externa del grano para de esta manera poner al alcance del consumidor un producto libre de sabores amargos y tóxicos; y para el productor campesino, una máquina que lo beneficiara con el valor agregado.

El desarrollo tecnológico del prototipo y de la máquina definitiva fue de responsabilidad del Instituto de Investigaciones Agroindustriales (IIA) del Ministerio de Agricultura y Alimentación, mediante el apoyo económico del IICA, a través de recursos provenientes del Fondo Simón Bolívar.

Se tomaron las ideas sugeridas por técnicos del IICA, Ings. Mario Tapia, Julio Rea, Jorge Reinoso y Hugo Torres, las cuales fueron incorporadas y modificadas en los diseños del prototipo y aplicadas por el Ing. Ildauro Minaya, Víctor Begazo, Martha Marín, María Cristina Zuluaga y Nancy Fuentes, del Instituto de Investigaciones Agroindustriales.

La máquina escarificadora buscaba, principalmente, eliminar el contenido de saponinas de las distintas variedades de quinua que utilizaba el campesino de Puno, sin que se perdieran los valores nutritivos del grano.

El proceso de escarificación fundamentalmente busca separar, del episperma y segmentos secundarios del grano de quinua, el mayor contenido de saponinas.

Se pensó en un sistema que utilizara medios mecánicos abrasivos y la acción combinada de paletas giratorias con el golpeado del grano en tamices estacionarios, para permitir un raspado eficiente de los granos de quinua contra las paredes de las mallas.

El polvillo desprendido de los granos, pasaría a través de la malla y se separaría por gravedad o mediante succionamiento del aire.

El grano, una vez desprendido el episperma, sería transportado en el interior del tamiz y se pasaría por tolvas para su recepción en sacos de polipropileno, los cuales cumplen con las características de comercialización del grano.

IV. DISEÑO DEL EQUIPO PROTOTIPO ESCARIFICADOR

A. OBSERVACIONES PRELIMINARES

Con el fin de hacer los experimentos iniciales de escarificación, se construyó un equipo "prototipo escarificador". Este equipo contaba con los siguientes accesorios: tolva de alimentación; cilindro con paletas giratorias ajustables, que permitían la escarificación por frotación en el cilindro; malla de paso del afrechillo y polvillo; y, control de velocidad de rotación mediante accionamiento de motor eléctrico de ventilación, para desprendimiento del afrechillo por gravedad.

Para el diseño de la máquina prototipo fue necesario realizar experimentos preliminares. Los experimentos se realizaron con máquinas diseñadas para otros fines. Así, se utilizaron la máquina centrífuga de salvados y la máquina refinadora de pulpas. Ambas máquinas tenían en común un eje que soporta las paletas que trabajan dentro de un cilindro; pero así mismo, se diferencian en el número de paletas y en las características de rugosidad del cilindro.

Las características de la refinadora de pulpas "LANGSENKAMP" son las siguientes:

RPM: 1,725
HP: 1.0
Número de paletas: 2 de metal
Cilindro: de metal, liso y con perforaciones circulares, que permiten el paso del afrechillo, pero no del grano.

Las características de la centrífuga de Salvados son las siguientes:

RPM: 1,050
HP: 3.3
Número de paletas: 4 de metal
Cilindro: de metal rugoso y con perforaciones rectangulares, que permite la salida del afrechillo, pero no del grano.

Los cuadros siguientes muestran los resultados de los ensayos con estas máquinas.

Cuadro 3

Ensayos de escarificación con la máquina refinadora de pulpas "LANGSENKAMP" M18-L215.

Variedad		Grano sin proce-	Grano pro- cesado y	Polvillo más	Pérdidas
Kancolla 1ra.	gr. o/o	3,000 100	2,649.60 88.32	153.00 5.10	197.40 6.58
Kancolla 2da.	gr. o/o	3,000 100	2,607.00 86.90	180.00 6.00	213.00 7.10
Blanca de Juli 2da.	gr. o/o	3,000 100	2,613.00 87.10	178.50 5.95	208.50 6.95

En cada prueba se necesitó 8 pasadas de la quinua a través de la máquina.

Cuadro 4

Ensayos de escarificación con la máquina centrífuga de salvados "BUHLER"

Variedad		Grano sin proce- sar	Grano pro- cesado y limpio	Polvillo más afrechillo	Pérdidas
Kancolla 1ra.	gr. o/o	5,000 100	4,737.50 94.75	245.00 4.90	12.50 0.35
Kancolla 2da.	gr. o/o	5,000 100	4,721.50 94.43	257.50 5.15	21.00 0.42
Blanca de Juli 2da.	gr. o/o	5,000 100	4,687.50 93.75	292.50 5.85	20.00 0.40
Sajama 1ra.	gr. o/o	5,000 100	4,751.50 95.03	240.00 4.80	8.50 0.17
Sajama 2da.	gr. o/o	5,000 100	4,716.50 94.33	250.00 5.00	33.50 0.67

En cada prueba se necesitó 6 pasadas de la quinua a través de la máquina.

Estas pruebas permitieron concluir que, con un mayor número de paletas y menor velocidad del eje escarificador, se podría obtener un escarificado más eficiente. Sin embargo, la máquina por construir recién permitiría definir los parámetros óptimos de procesamiento, es decir:

- volumen y velocidad de alimentación del grano
- velocidad de rotación de las paletas escarificadoras
- separación de las paletas con respecto a la superficie del cilindro escarificador
- material óptimo de las paletas
- características de rugosidad del cilindro escarificador
- cantidad de pasadas del grano de quinua a través de la máquina para obtener quinua escarificada.

B. DESCRIPCION DE LA MAQUINA PROTOTIPO Y FLUJO DEL PROCESO DE ESCARIFICADO.

1. Tolva de Alimentación

El grano de quinua, previamente limpiado y clasificado, ingresa a la máquina por la tolva de alimentación. Dicha tolva, que es de forma trapezoidal con una boca de entrada de 60 x 80 cm y apertura de alimentación de 10 x 33 cm, consta de un dispositivo en forma de lámina que permite regular, manualmente, el volumen de grano a ingresar al interior del cilindro escarificador.

2. El cilindro escarificador

El cilindro escarificador, que es fierro galvanizado de 1/8" de espesor de 1.50 de largo x 0.72 m de ancho, contiene las paletas y recibe el grano proveniente de la tolva. Las paletas son de forma y funciones diferentes. Las paletas dispuestas paralelas al eje de rotación, cumplen la función de escarificado; ya que al girar friccionan al grano contra las paredes del cilindro escarificador. Estas paletas son regulables. Las paletas dispuestas a manera helicoidal, alrededor del eje, cumplen la función de avance del grano. La orientación de estas paletas son también regulables. De esta manera, el grano de quinua dentro del cilindro es escarificado y a la vez avanza hacia una tolva de descarga, donde se hace posible su recuperación.

Como consecuencia del escarificado, se obtiene la separación del episperma del grano. Para facilitar el escarificado, el cilindro contiene una malla de fierro galvanizado con agujeros de 0.5 mm de diámetro, por donde pasan sólo partículas de episperma, siendo posible su recuperación a través de dos tolvas de descarga. El grano escarificado recuperado, contiene residuos de episperma que al no poder pasar por la malla, por lo tanto, es sometido a un flujo de aire proveniente de un ventilador para dejarlo libre de partículas de episperma o impurezas.

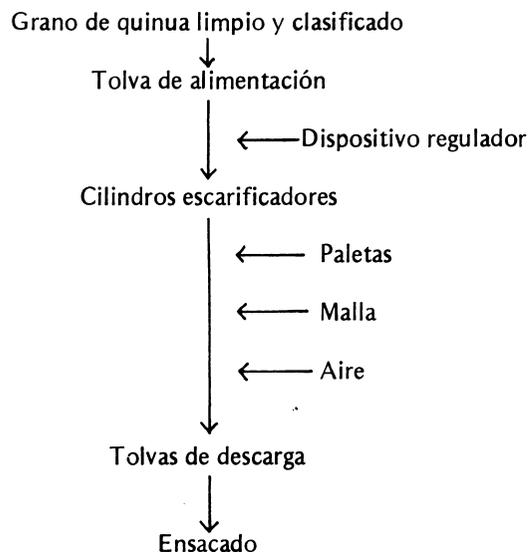


Fig. 2. Esquema del proceso de escarificación.

LEYENDA

- 1 TOLVA DE ALIMENTACION
- 2 CILINDRO ESCARIFICADOR
- 3 PALETAS
- 4 TOLVA DE DESCARGA

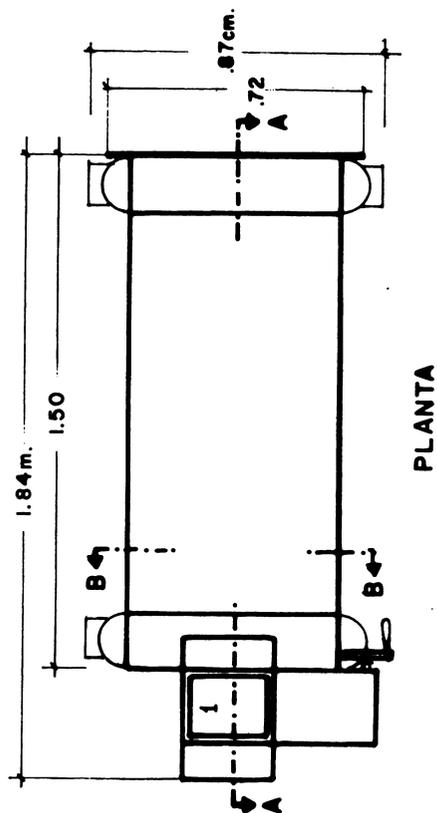
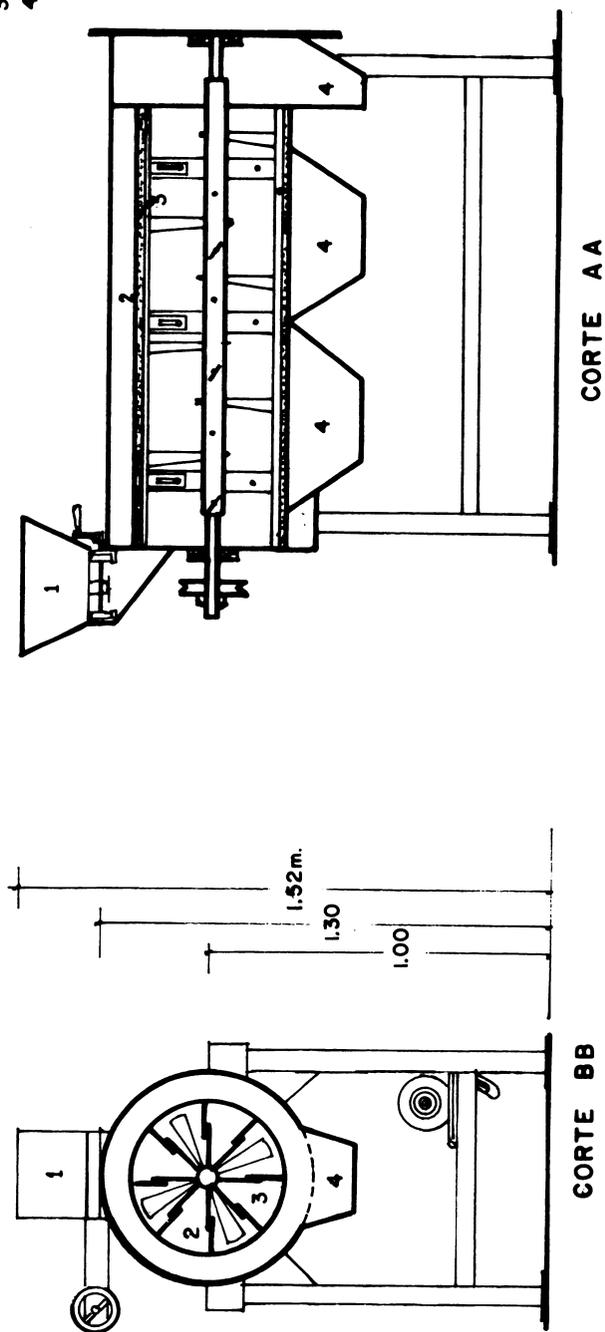


Fig.3 PROTOTIPO ESCARIFICADOR DE QUINUA

DISEÑO Y DIBUJO: ILDAURO MINAYA A.
ESCALA: 1/20

Además de la tolva de alimentación y el cilindro escarificador, consta de los otros elementos.

3. Conjunto motor

Constituye la fuente de energía del sistema. Se consideró que la máquina sea accionada por un motor eléctrico. La determinación teórica de la potencia requerida por el prototipo se obtuvo de la siguiente ecuación:

$$\text{H.P.} = \frac{T w}{75}$$

donde:

H.P. = potencia consumida por la máquina

T = torque del sistema paletas, poleas (kg/m)

W = velocidad angular del sistema paletas y poleas (ras / seg)

4. Conjunto transmisión

Como la velocidad de salida del motor es, en todos los casos, muy superior a la velocidad de rotación asumida para el eje escarificador, se hizo la reducción de velocidades variando el diámetro de las poleas, mediante una transmisión por correa en V. La diferencia de diámetro de las poleas se obtuvo con la siguiente relación:

$$d_1 \text{ rpm}_1 = d_2 \text{ rpm}_2$$

donde: d_1 = diámetro de la polea del motor

d_2 = diámetro de la polea del eje escarificador

rpm_1 = revoluciones por minuto del eje del motor

rpm_2 = revoluciones por minuto del eje escarificador

C. RESULTADOS FINALES

Los resultados finales con la máquina prototipo escarificador, permitieron obtener algunas apreciaciones importantes.

- No se producía una pérdida de nutrientes (proteínas, grasas) al someter al grano al proceso de escarificación hasta por cinco veces consecutivas.
- Los contenidos de fibra y ceniza disminuyeron al aumentar las pasadas del grano por el escarificador, lo cual se debía a que retiraba la cáscara y cubiertas externas del grano en el proceso. Estos residuos o cubiertas externas del grano, retirados en el proceso, poseían un alto contenido de fibra y ceniza (5.8 y 11.2 o/o respectivamente) así como nitrógeno (8.6 o/o).
- Al procesar granos grandes (variedad Sajama) a velocidades bajas (540 rpm) se consiguió un buen porcentaje de afrechillo o cubierta externa extraída del grano. Al aumentar la velocidad, las variedades grandes presentaron un aumento de granos rotos con disminución del afrechillo recuperado. Para el caso de las variedades pequeñas,

la figura es inversa, siendo preferible la velocidad de 806 rpm. Los granos grandes y pequeños procesados con sus respectivas velocidades permitieron obtener un 96.5 o/o de granos sanos y 5.5 o/o de afrechillo o cubierta externa.

- En lo referente a contenido de saponina, se observó que efectuando hasta tres pasadas sucesivas en el equipo escarificador se consiguió una disminución apreciable del contenido de saponinas.

D. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL EQUIPO PROTOTIPO

- En razón a los resultados finales, se concluyó que el escarificador definitivo debería poseer tres cilindros escarificadores en una sola máquina, de tal manera que pudiera funcionar en forma continua.
- Las velocidades de las paletas deberían ser iguales a la del escarificador prototipo.
- El número de paletas escarificadoras serían ocho, siendo el material de la misma calidad de las correas planas de transmisión.
- El cilindro (con diámetro de 45 cm) sería de metal liso y en la parte inferior llevaría una malla con perforaciones de 0.5 mm de diámetro, de tal manera que permita la salida del afrechillo más no del grano.

V. DISEÑO Y CONSTRUCCION FINAL DE LA MAQUINA ESCARIFICADORA

A. JUSTIFICACION

Las pruebas con la máquina experimental permitieron construir la máquina escarificadora para ser utilizada por los campesinos del Departamento de Puno y con el propósito de organizar un Centro de Acopio de quinua de propiedad de los agricultores.

B. PARTES CONSTITUTIVAS DE LA MAQUINA

1. Tolva de alimentación

La tolva posee en la parte inferior un gusano transportador de 10 cm de diámetro por 60 cm de largo, el cual permite regular uniformemente la alimentación de los granos a los cilindros escarificadores. Su capacidad es de 68 kg de quinua que la máquina procesa en 4.50 minutos, aproximadamente.

2. Cilindros escarificadores

La máquina consta de tres cilindros escarificadores, los cuales están dispuestos de tal manera que permiten la caída de los granos escarificados por gravedad. Los cilindros miden 38 cm de diámetro por 140 cm de longitud. Contienen 8 paletas escarificadoras, con las características del prototipo, así como 12 paletas transportadoras. Las paletas son regulables. Los dos cilindros inferiores llevan en su parte inferior una malla, que permite el paso del afrechillo más no del grano.

Fig. 4. Construcción del prototipo. Tolva de alimentación, un cilindro y flujos de salida y ventilación.

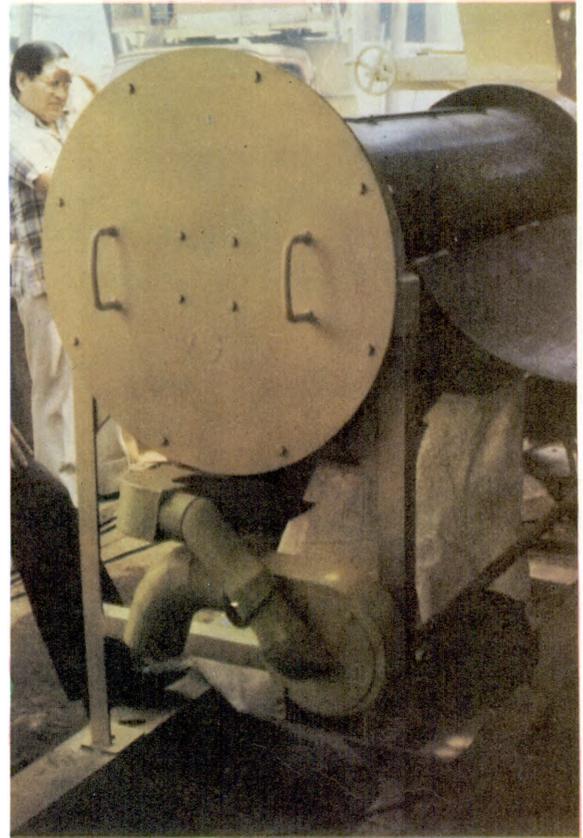


Fig. 5. Detalle del cilindro y las paletas escarificadoras con ajuste variable para la experimentación.

LEYENDA

- 1 TOLVA DE ALIMENTACION
- 2 VENTILADOR
- 3 CUERPO DEL ESCARIFICADOR
- 4 SEPARADOR DE PARTICULA
- 5 TOLVA DE DESCARGA

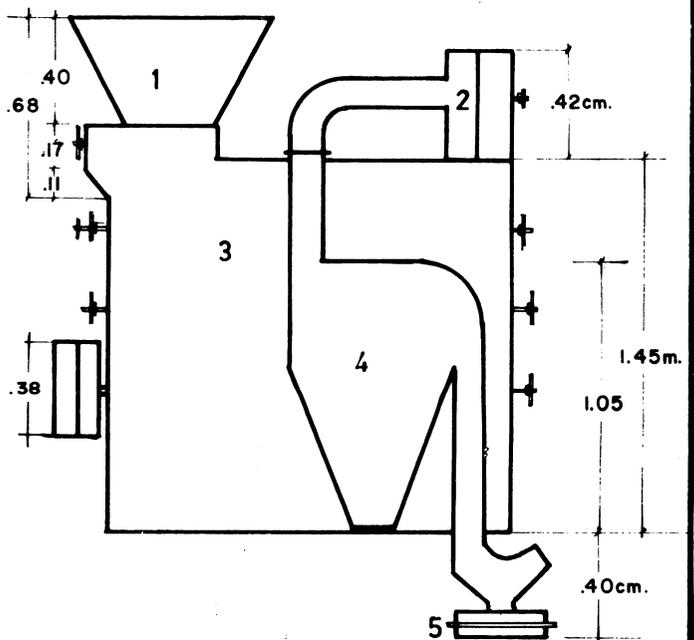
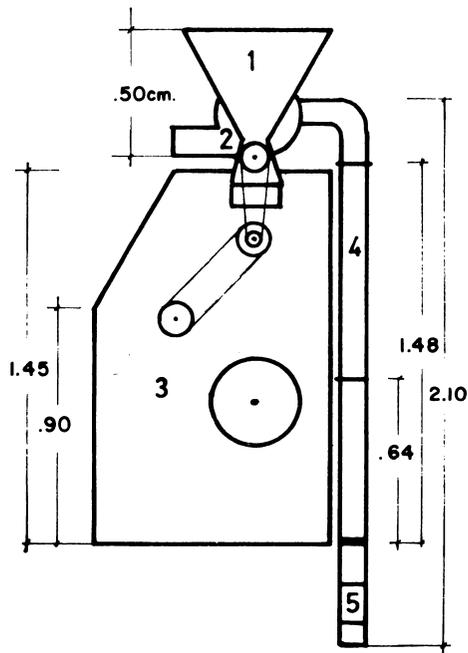
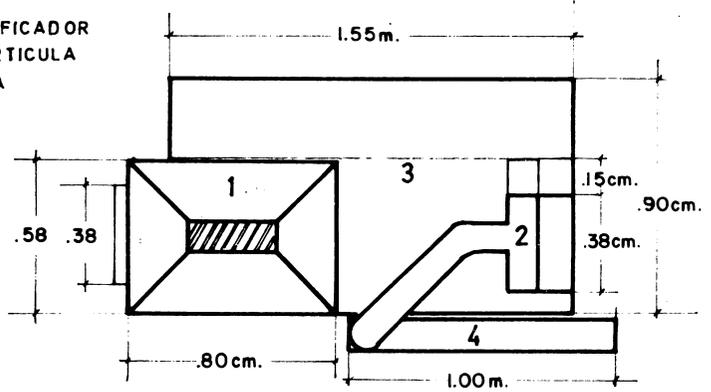
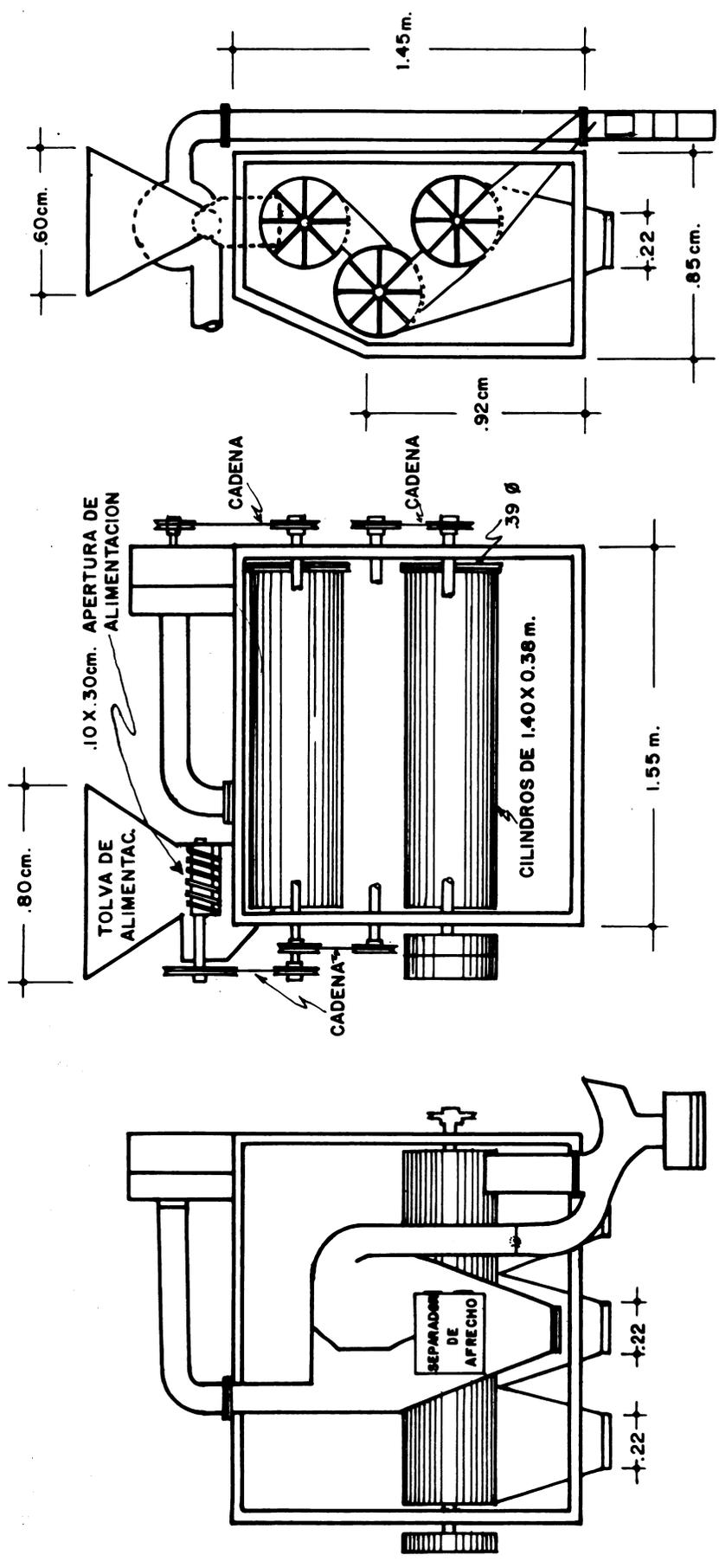


Fig. 6 MAQUINA ESCARIFICADORA DE QUINUA DE FLUJO CONTINUO

ESCALA 1/25



CORTE TRANSVERSAL

ESCALA: 1/25

Fig. 7 MAQUINA ESCARIFICADORA DE QUINUA CONSTRUIDA EN 1980



Fig. 8. Vista lateral izquierda. Tolva de alimentación, engranajes, cilindros, sistema de ventilación

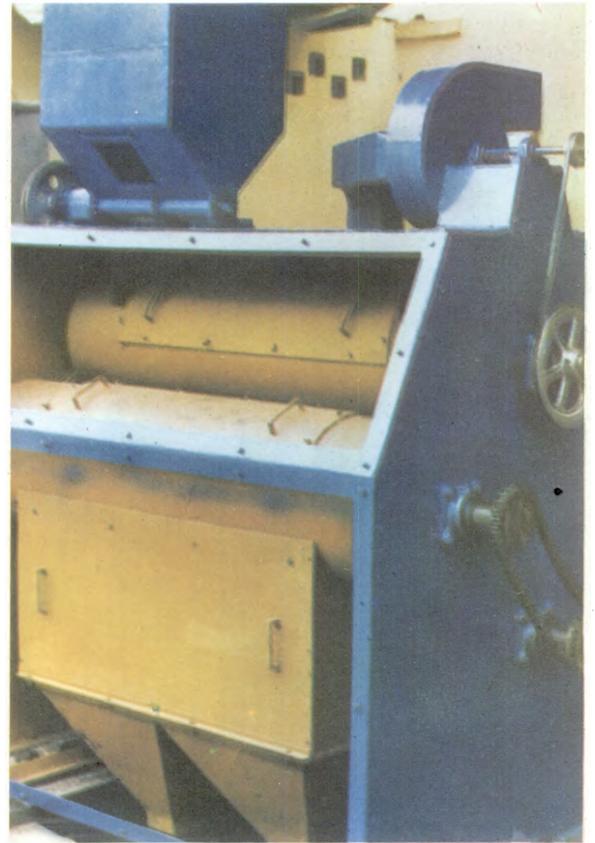


Fig. 9. Disposición de los cilindros, tolvas de descargue y engranajes de movimiento.

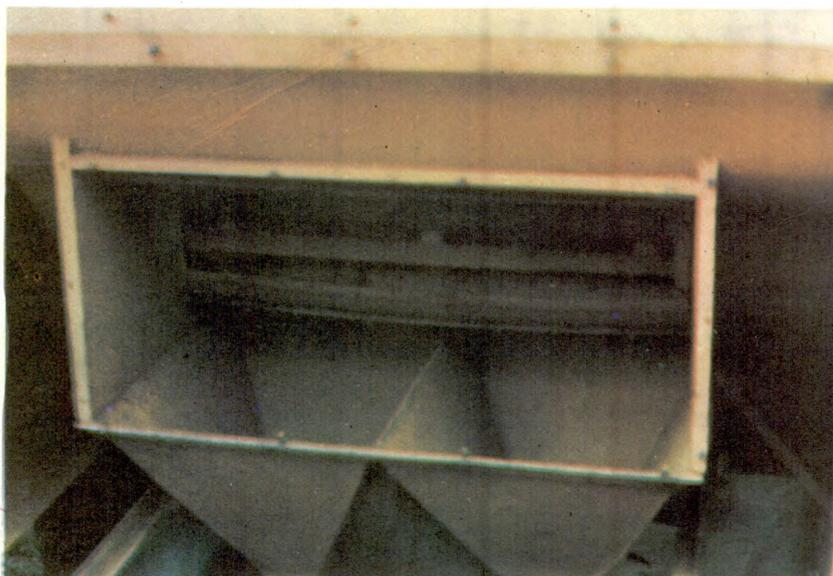


Fig. 10. Distribución de los cilindros y vista de las paletas de escarificación.

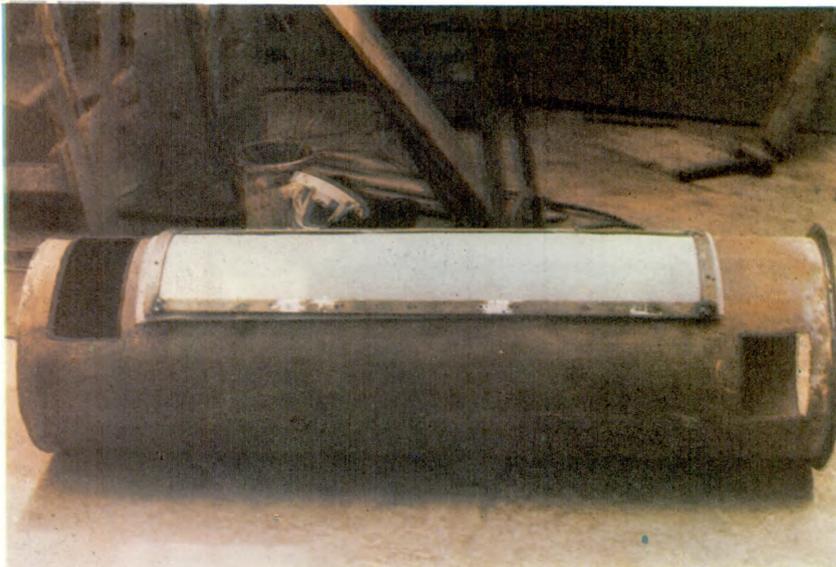


Fig. 11. Vista separada del cilindro, rejillas y sistemas para flujo de aire y movimiento del grano.

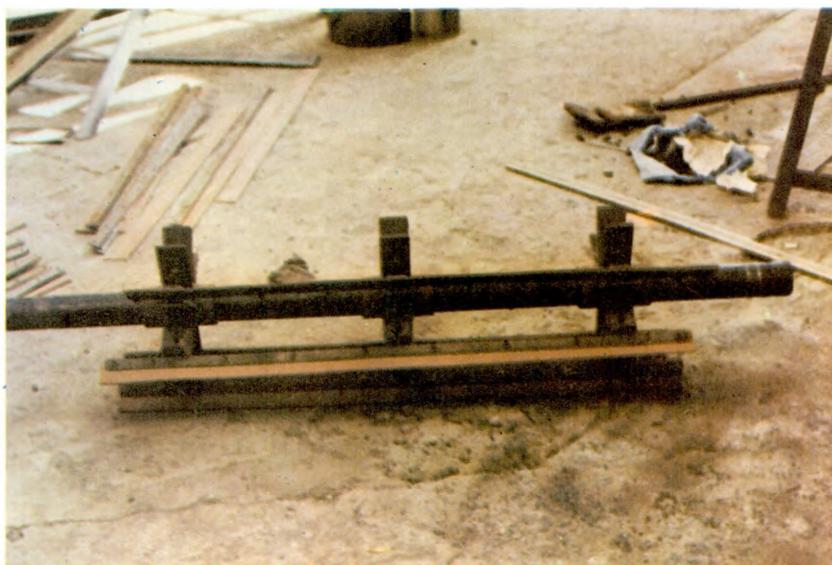


Fig. 12. Paletatas de escarificación, abrazaderas metálicas y escobillas para escarificación.

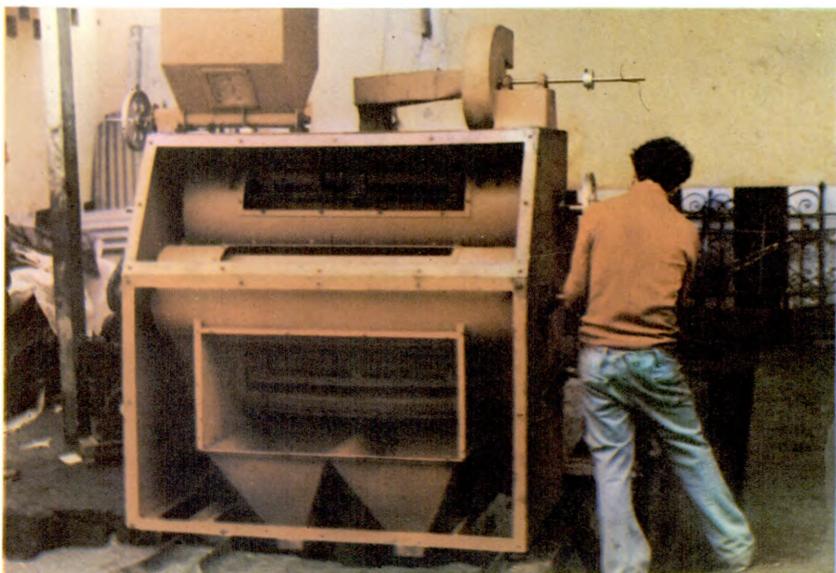


Fig. 13. Vista posterior de los cilindros y paletas y tolva de carga y descarga.

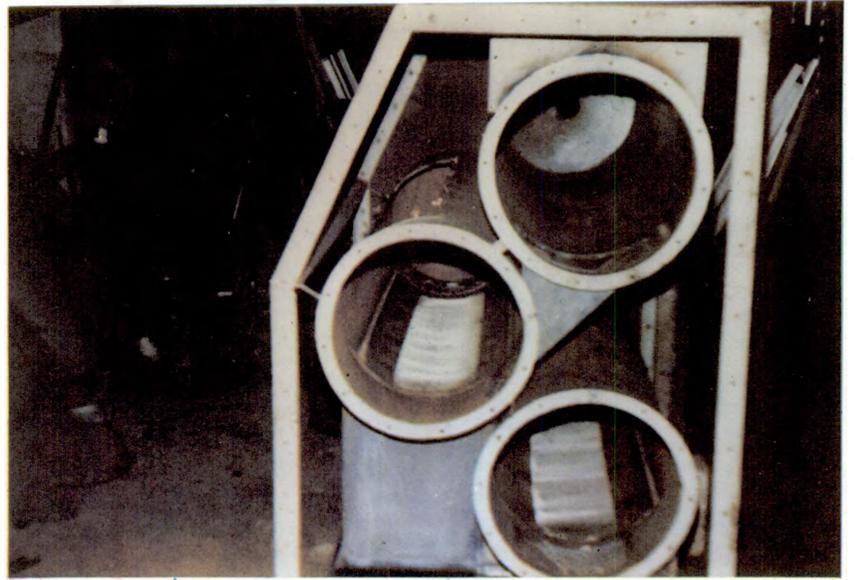


Fig. 14. Cilindros de escarificación y rejillas de separación del polvillo.



Fig. 15. Eje central de los cilindros y paletas de escarificación.

3. Ventilador y separador de partículas

El grano procesado que sale del cilindro escarificador es sometido a una corriente de aire originado por un ventilador; de 22 cm de diámetro con 8 paletas. La corriente de aire se lleva las partículas finas, tales como el polvillo y afrechillo, los cuales se recuperan con el separador de partículas, gracias a su diferencia de peso. El grano procesado cae a la tolva de descarga libre de cáscara y polvillo.

4. Motor y Transmisión

La máquina es accionada por un motor gasolinero de 10 HP y de 3,600 rpm, para trabajar en una localidad situada a 3,850 msnm. Como la velocidad de salida del motor es superior a la velocidad recomendada (500 a 520 rpm) se hizo la reducción de velocidades variando el diámetro de las poleas, mediante una transmisión por correas en V. Así, la polea del motor mide 7 cm de diámetro y la polea ubicada en el último cilindro de la parte inferior de la máquina mide 39 cm de diámetro. El movimiento de este eje origina el movimiento de los demás ejes —de los cilindros escarificadores, ventilador y de la tolva de alimentación— mediante piñones y cadenas, así como poleas y fajas.

C. ENSAYO DE ESCARIFICACION

A continuación se muestra los resultados de los ensayos de escarificación con la máquina definitiva.

1. Eficiencia de procesamiento

Grano sin procesar:	995.5 kg (100 o/o)
Grano procesado limpio:	942.0 kg (94.6 o/o)
Afrecho más polvillo:	53.0 kg (5.37 o/o)

2. Capacidad de procesamiento.

La capacidad de trabajo de la máquina escarificadora de quinua, se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 5

Capacidad de procesamiento de quinua con máquina escarificadora

Quinua Procesada (kg)	Tiempo de Procesam. (Minutos)	Rendimiento (kg / Hora)	Velocidad de los ejes escarificadores (rpm)
80.5	6.00	805	475
70.5	4.75	890.5	512
70.0	4.50	933.3	512
68.0	4.41	925.1	512

3. Consumo de gasolina

Para procesar una tonelada de quinua, se requirió de 1.6 galones de gasolina. (Estas pruebas se realizaron a 50 msnm)

D. PRUEBAS DE CONTROL

Mediante la determinación cuantitativa de los análisis del contenido de saponinas del grano de quinua procesado, se permite calificar la eficiencia de la máquina, en la extracción de la cubierta externa del grano de quinua.

Cuadro 6
Contenido de saponinas en diferentes variedades de quinua, en porcentaje (mg/100 kg)*

Características de la muestra	Variedades de quinua				
	Sajama	Blanca de Juli	Kancolla	Witulla (coloreada)	Quinua** IACSA
Testigo (sin procesar)	0.08	0.13	0.17	0.39	—
Procesada o escarificada	—	0.04	0.05	0.04	0.25

* José Alvarez, Univ. Cayetano Heredia - Mayo 1980

** M. Marín, I. Minaya, Eliminación de Saponinas, IIA (1978)

El cuadro señala que las muestras procesadas de quinua de las variedades Blanca de Juli, Kancolla y Witulla, contienen menos saponinas que la muestra testigo Sajama, variedad considerada dulce o con escaso contenido de saponina.

Asimismo, el cuadro muestra la eficiencia de la máquina definitiva, con respecto a las máquinas de la planta procesadora industriales de quinua, ya que sus muestras procesadas contienen un alto porcentaje de saponinas.

Cuadro 7
Capacidad de procesamiento de quinua en máquinas industriales

Peso de sacos (kg)	Tiempo de escarificado (minutos)	Rendimiento de escarificado (Kg/hora)	Velocidad de las paletas (rpm)
80.5	6.0	805	475
281.0	25.0*	674	512
70.5	4.75	890.5	512
70.0	4.50	933.3	512
68.0	4.41	925.1	512

* Este dato no es representativo porque mientras se pesaba y vaciaba el saco, la tolva ya estaba vacía (sin grano) y no se descontó el tiempo.

E. PRUEBAS DE ESCARIFICACION DE MAQUINA CON CAPACIDAD DE 240 KILOS POR HORA

Se trabajó con una velocidad de 480 rpm y con un volumen de 8371 Kg.

Los resultados fueron los siguientes:

	Prueba No. 1	Prueba No. 2
Quinua procesada*	4,342 kg	4,266 kg
Pérdidas en el proceso de escarificado	35 kg (0.79 o/o)	20 kg (0.47 o/o)
Quinua perlada**	4,210 kg	4,078 kg
Afrecho más polvillo	132 kg (3 o/o)	188 kg (4.4 o/o)
Gasolina necesaria para obtener 1 tonelada de quinua perlada	1.65 gls	1.60 gls
Rendimiento: 4 kg de quinua perlada/minuto	(240 kg/hora)	
Tiempo de procesamiento (para obtener la quinua perlada).	17 horas 32 minutos	17 horas 0 minutos

* Dato obtenido de:

1er. lote: 4,437 - 60 Kg al IIA - 35 Kg pérdidas = 4,342 Kg.
2do. lote: 4,294 - 20 Kg de pérdidas - 8 Kg muestra = 4,266 Kg.

** Dato obtenido de:

1er. lote: 83 sacos entregados (50 gs c/u) + 10 kg al IIA + 1 saco sin entregar: 4,210 Kg.
2do. lote: 81 sacos entregados (4,050 Kg) + 1 saco de 20 Kg + 8 Kg de muestra = 4,078 Kg.

VI. EVALUACION ECONOMICA DE LA MAQUINA

Los agricultores productores de quinua en la cosecha de 1978/79 obtuvieron los siguientes resultados.

Cantidad producida promedio	5000.000 Kilos
Precio de venta promedio a nivel de chacra	75.00 soles
Ingreso total estimado	375.000.000 soles

Si dicha producción hubiera sido procesada en el Centro de Acopio de Juliaca, utilizando la escarificadora ubicada en dicho Centro, el costo de procesamiento hubiera sido de 20 soles/kilo y el precio de venta en dicha oportunidad hubiera sido de 130 soles por kilo*. De tal manera que la utilidad estimada hubiera sido de la magnitud siguiente:

* Camacho, Angel et al. Planta Procesadora de quinua (Estudio de Factibilidad) Lima, IICA-Perú, 1980. p. 128

Ingreso total estimado (sin escarificar)	375.000.000 soles
Costo de procesamiento (5000.000 Kilos x 20 soles Kilo)	100.000.000 soles
Ingreso total estimado con escarificadora (130 soles x Kilo)	650.000.000 soles
Utilidad esperada con la escarificadora	275.000.000 soles

El costo actual de la máquina escarificadora se ha estimado en alrededor de US \$ 10,000 con una duración de vida de 10 años.

En la cosecha de 1979/80, las relaciones de precios en término de soles variaron a nivel de chacra y a nivel de consumidor. El costo de procesamiento se mantuvo igual. El precio de quinua a nivel de chacra fue de 100 soles promedio y el precio de venta a nivel intermediario de 180 soles/kilo promedio. Las utilidades estimadas fueron de la siguiente magnitud de los 5000.000 kilos producidos.

Ingreso total estimado (sin escarificar)	500.000.000 soles
Costo de procesamiento (20 soles/kilo)	100.000.000 soles
Ingreso total esperado (180 soles/Kilo)	900.000.000 soles
Utilidad esperada con escarificación	400.000.000 soles

Las cifras anteriores señalan la importancia económica de la máquina escarificadora, la cual indudablemente aporta significativas utilidades a los pequeños agricultores de la sierra peruana y con un potencial de desarrollo para otras regiones andinas. La adaptación tecnológica se ha hecho buscando que el valor agregado del proceso agroindustrial a nivel rural de la quinua, vaya dirigido a beneficiar a los agricultores primordialmente.

BIBLIOGRAFIA

1. BLASCO, MARIO. Composición química de la quinua cultivada en el altiplano de Puno, Perú. San José Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, 29: 219-221, 1979.
2. CAMACHO, ANGEL *et al.* Planta procesadora de quinua: Estudio de factibilidad. Lima, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Oficina en Perú, 1980. 128 p.
3. EGOAVIL, MARIO, REINOSO, JORGE y TORRES, HUGO. Costos y márgenes de comercialización de la quinua. Lima, Ministerio de Agricultura y Alimentación, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas y Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Publicación Miscelánea No. 183, 1977. 51 p.
4. MARIN, MARTHA *et al.* Informe Subproyecto Industrialización del grano de la quinua. Lima, Instituto de Investigaciones Agroindustriales, 1978. 31 p.
5. MINISTERIO DE ALIMENTACION, INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS y UNIVERSIDAD NACIONAL TECNICA DEL ALTIPLANO. Curso de quinua. Lima, IICA, Publicación Miscelánea No. 170, 1977. 193 p.
6. PIMENTEL, HECTOR *et al.* Informe sobre la situación actual de la agricultura de quinua en Cuzco, Puno y Arequipa: Subproyecto Industrialización de la quinua. Lima, IICA y Ministerio de Agricultura y Alimentación, 1976. 26 p.
7. RAMOS, JULIO, REINOSO, JORGE y TORRES, HUGO; Estudio de Factibilidad: Fomento de la producción agroindustrial de la quinua. Lima, ORDEPUNO, IICA, Ministerio de Agricultura y Alimentación, Instituto de Investigaciones Agroindustriales y Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Publicación Miscelánea No. 216, 1979. 101 p.
8. TAPIA, MARIO *et al.* La quinua y la cañihua: Cultivos andinos. Bogotá, Oficina Regional para la América Latina del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo e Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1979. 228 p.

CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION

"RODRIGO PEÑA"

IICA - COLOMBIA

00

