

Estudio y evaluación del contenido de plomo total en alimentos procesados en expansores tipo batch tradicionales y prototipo rediseñado

Study and evaluation of total lead content in processed foods in batch expanders and redrawn traditional prototype

Jhony Mayta Hanco⁽¹⁾, Alfredo Palao Iturregui⁽¹⁾, Rosario Bravo Portocarrero⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Facultad de Ciencias Agrarias.
jhonymayta@hotmail.com; lpalao@hotmail.com; rbravop1@hotmail.com

Resumen

Se evaluó el contenido de plomo total en cereales y alimentos expandidos procesados en expansores tipo batch comunes y un prototipo rediseñado libre de plomo, se comparó con el nivel máximo (NM) del Codex Alimentarius para cereales (0.2 mg kg^{-1}). Los reportes de laboratorio indican que los cereales contienen valores menores a 0.1 mg kg^{-1} de plomo total. Los alimentos expandidos procesados en expansores tipo batch comunes provenientes de las provincias de Yunguyo, El Collao, Puno, San Román, Huancané, Melgar y Cusco, contienen promedios de 2.59 mg kg^{-1} para expandido de quinua, 3.07 mg kg^{-1} para expandido de maíz, 6.02 mg kg^{-1} para expandido de arroz y 2.82 mg kg^{-1} para expandido de trigo. Los alimentos expandidos con el prototipo rediseñado tuvieron promedios de 0.15 mg kg^{-1} para expandido de quinua; 0.48 mg kg^{-1} para expandido de maíz; menor a 0.10 mg kg^{-1} para expandido de arroz y 0.23 mg kg^{-1} para expandido de trigo. Entre los cereales y alimentos expandidos con el prototipo rediseñado no difieren estadísticamente y están dentro del NM del Codex Alimentarius, sin embargo los alimentos expandidos procesados con expansores tipo batch comunes provenientes de provincias, superan ampliamente el NM. Los materiales y partes de contacto con los alimentos del prototipo rediseñado fueron: Teflón (tapa) y acero inoxidable calidad 304-2b (cámara) los que redujeron el contenido de plomo total en los alimentos expandidos.

Palabras clave: Plomo, expansor tipo batch, alimentos expandidos

Abstract

It was assessed the content of total lead in cereals and expanded processed food within the batch type and the redesigned prototype free of lead; it was compared the maximum level (ML) of Codex Alimentarius for cereals (0.2 mg kg^{-1}). The laboratory reports show that cereals have values less to 0.1 mg kg^{-1} of total lead. The expanded food in expanded of common batch type, come from the provinces of Yunguyo, Collao, Puno, San Román, Huancané, Melgar and Cusco; with an average of 2.59 mg kg^{-1} for the expansion of quinoa, 3.07 mg kg^{-1} for corn, 6.02 mg kg^{-1} for rice and 2.82 mg kg^{-1} for wheat. The expanded food with the redesign prototype had an average of 0.15 mg kg^{-1} for the expansion of quinoa; 0.48 mg kg^{-1} for corn; less than 0.10 mg kg^{-1} for the expansion of rice and 0.23 mg kg^{-1} for wheat. Among the cereals and expanded food with the redesign prototype there was not statistical difference, and they are within the ML of the Codex Alimentarius. However, the expanded processed foods with the batch expanders that come from the provinces have had a better performance in the ML. The materials and the contact parts of the redesign prototype food were: Teflon (cover), and stainless steel of 304-2b quality (chamber), that reduced the content of total lead in the expanded food.

Keywords: Lead, batch type expander, expanded food

INTRODUCCIÓN

Para la OMS los principales problemas sanitarios que pueden tener su origen en los productos son los causados por microorganismos como *salmonellas* y *campylobacterias*, infecciones entero hemorrágicas causadas por *E. Coli* y *listeriosis*, y *cólera* en países en desarrollo; *micotoxinas*, *dioxinas*, *priones*, residuos de pesticidas, medicamentos y metales pesados (plomo, cadmio y mercurio). De los problemas mencionados varios de ellos pueden tener su origen o parte de su origen en la alimentación (FAO/OMS, 2001).

Los alimentos contaminados con plomo tienen efectos en la salud, estos se bioacumulan en el organismo, teniendo como consecuencia la enfermedad del saturnismo, razón por la cual el comité del *Codex Alimentarius* (CODEX STAN 230-2001, revisión 1-2003) en el apartado de observaciones, mantuvo el nivel máximo de plomo total (0.2 mg kg^{-1}) para los granos de cereales, legumbres y leguminosas. El Reglamento (CE) n° 1881/2006, establece los contenidos máximos de plomo para “alimentos infantiles” para lactantes y niños de corta edad (0.02 mg kg^{-1}).

El consumo de los alimentos expandidos principalmente quinua, maíz, trigo y arroz ha tenido un incremento en los últimos años y tienen gran aceptación especialmente en los niños. Sin embargo el uso de expansores tipo *batch* construidos con materiales inadecuados (plomo), combustión del kerosene como fuente de calor, merecen un estudio y evaluación con las normas internacionales desde la materia prima, procesamiento, producto final y un análisis de costos (Febres, 2004).

El objetivo general del trabajo de investigación fue: Estudiar y evaluar el contenido de plomo total en alimentos procesados en expansores tipo *batch* tradicionales y prototipo rediseñado. Los objetivos específicos fueron: 1. Cuantificar y evaluar el contenido de plomo total en cereales (quinua, maíz, trigo y arroz) y alimentos expandidos. 2. Rediseñar y construir un prototipo de expansor tipo *batch* sin materiales de plomo.

METODOLOGÍA

Las muestras de productos expandidos fueron de las provincias de Yunguyo, El Collao, Puno, San Román, Huancané, Melgar y Cusco. El rediseño y la construcción del expansor tipo *batch* se realizó en la Empresa Servifabri de la ciudad de Lima-

Perú. Las determinaciones de plomo total de las muestras de cereales y productos expandidos se hicieron en el Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) La Paz-Bolivia. Las pruebas de funcionamiento del expansor rediseñado tipo *batch* y la obtención de productos expandidos, se realizaron en la Empresa El Altiplano SAC de la ciudad de Juliaca-Perú.

Se utilizaron muestras de cereales: Trigo (*Triticum aestivum L.*) variedad El Gavilán, arroz (*Oriza sativa L.*) variedad Basmati y maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) variedad INIA-605 Perú, procedentes del mercado Manco Capac de la ciudad de Juliaca, puesto del Sr. Juan Yanque Belizario. La quinua (*Chenopodium quinoa willd*) variedad Pasankalla y variedad Salcedo INIA, fue procedente de la Empresa El Altiplano SAC, en cantidades de 50 gramos por muestra respectivamente. Dentro de los productos expandidos envasados, las muestras de expandidos de quinua fueron provenientes de las empresas El Altiplano SAC (Juliaca), TIC-PAC (Puno) e Inca Sur (Cusco), Los productos expandidos (trigo, maíz y arroz) a granel, se muestrearon de los mercados locales de la capital de las provincias respectivamente.

El contenido de plomo total, se realizó por el método de espectrofotometría por absorción atómica. Método CEM BI-8/EPA 239.2 y Microwave Reaction System/EPA 239.2

El experimento se estableció bajo un diseño en bloques completamente al azar (DBCA), se analizaron 42 muestras con diferente número de repeticiones (ver tabla 1). El factor en estudio fue la contaminación de alimentos. Los tratamientos fueron los alimentos (quinua, maíz, arroz y trigo) y se consideró como bloque al estado del alimento (cereales, alimentos expandidos en provincias y alimentos expandidos con prototipo rediseñado). Las diferencias entre las medias de los tratamientos fueron comparados utilizando la prueba de Duncan ($\alpha=0.01$). Finalmente, los niveles de significancia están representados por * a $P<0.01$ y $P<0.05$, ** a $P<0.01$ y ns como no significativo.

RESULTADOS

Contenido de plomo total

En el gráfico 1 y la tabla 1, se presentan los resultados del contenido de plomo total en cereales, alimentos expandidos en provincias y con el prototipo rediseñado. Se puede observar que

el contenido de plomo total de los cereales son menores a 0.1 mg kg^{-1} , están por debajo del nivel máximo del *Codex Alimentarius* (0.2 mg kg^{-1}), este hecho se sustenta en lo manifestado por Poschenrieder & Barcelo (2004) que solo las plantas acumuladoras, las indicadoras y las excluyentes pueden acumular metales.

Al comparar el contenido de plomo total de los alimentos expandidos en provincias con las normas del *Codex Alimentarius*, sobrepasaron los niveles máximos. El incremento de plomo en alimentos posiblemente sería por el uso del equipo, ya que según Febres (2004), atribuye al equipo utilizado en el proceso como fuente de la

contaminación por plomo de alimentos expandidos. Asimismo al no estar envasados están expuestos también a la contaminación generada por los automóviles. Se observa un mayor contenido de plomo en el expandido de arroz, seguido de maíz, trigo y quinua, estos resultados probablemente estén relacionados con el contenido de carbohidratos y el índice de expansión, ya que según Chávez (1990) el almidón de los granos influye en el proceso de expansión por explosión y tras romper los puentes de hidrógeno, se aumenta la penetración de agua en los intersticios. Ello origina un aumento progresivo del volumen del grano de 8 a 16 veces con relación al trigo y unas 6 a 8 veces con relación al arroz (Castro, 1986)

Tabla 1. Contenido de plomo total (mg kg^{-1}) de cereales y alimentos expandidos en provincias del departamento de Puno y Cusco con expansores tradicionales y prototipo rediseñado.

Repetición	BLOQUE I				BLOQUE II				BLOQUE III			
	Cereales				Alimentos expandidos en provincias				Alimentos expandidos con Prototipo rediseñado			
	Quinua	Maíz	Arroz	Trigo	Quinua	Maíz	Arroz	Trigo	Quinua	Maíz	Arroz	Trigo
1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	5.4	1.4	7.5	3.3	<0.1	0.82	<0.1	<0.1
2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	4.6	4.5	4.5	4.6	0.2	0.14	<0.1	0.35
3	<0.1	--	--	--	4.4	1.7	7.3	1.1	<0.1	--	--	--
4	<0.1	--	--	--	0.41	1.3	10	2.3	<0.1	--	--	--
5	--	--	--	--	4.9	6.3	3.9	4.5	--	--	--	--
6	--	--	--	--	<0.1	3.2	2.9	1.1	--	--	--	--
7	--	--	--	--	0.58	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	0.31	--	--	--	--	--	--	--
Promedio	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.59	3.07	6.02	2.82	0.13	0.48	<0.1	0.23

Fuente: LCA-UMSA (2009)

Tabla 2. Análisis de varianza del contenido de plomo total de las variables en estudio.

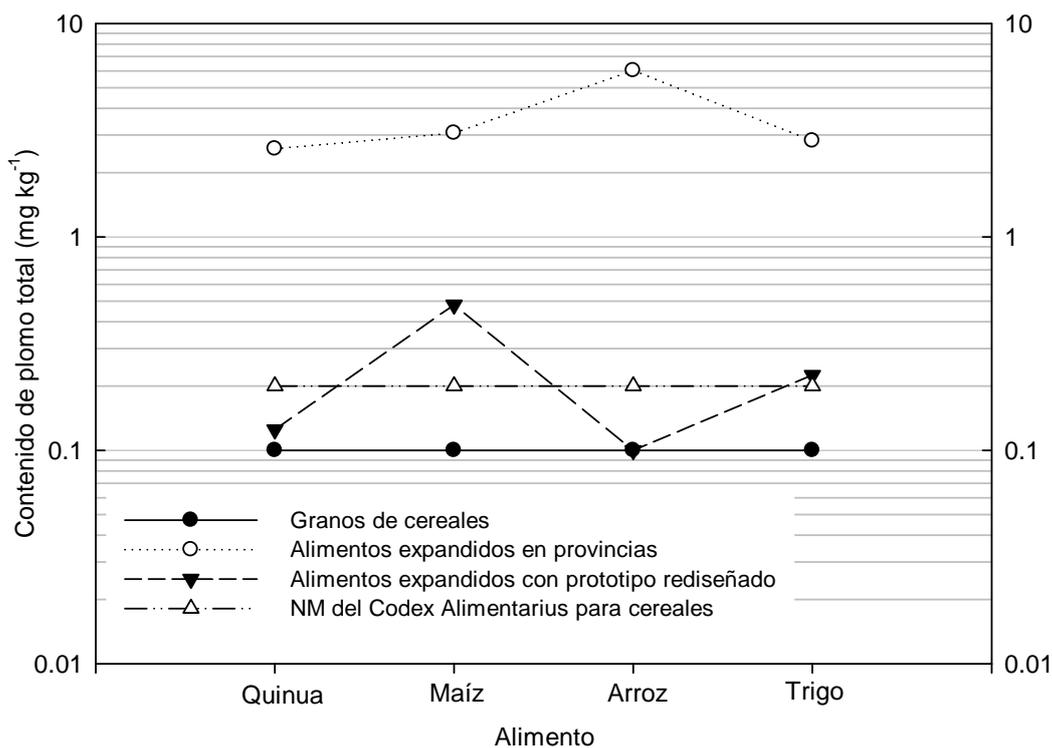
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F	Sig.
Bloques	2	10.76	5.38	27.87	<0.0001	**
Alimentos	3	1.45	0.48	2.50	0.0729	n.s.
Error	40	7.72	0.19			
Total	45	19.92				

Fuente: Elaboración propia (2009)

Tabla 3. Prueba de comparación múltiple de Duncan al 1% para los bloques

Bloque	Media	N	Grupo Duncan
Alimentos expandidos en provincias	3.54	26	a
Alimentos expandidos con prototipo rediseñado	0.21	10	b
Granos de cereales	0.10	10	b

Fuente: Elaboración propia (2009)

**Gráfico 1.** Contenido promedio de plomo total (mg kg^{-1}) en cereales, alimentos expandidos y el Codex Alimentarius para cereales

El expandido de maíz con el prototipo rediseñado, sobrepasó los niveles máximos del *Codex Alimentarius*, este incremento probablemente sea por el ambiente de trabajo, derretimiento de la pintura de la superficie del equipo por la acción del calor suministrado en la operación de calentamiento del expansor, ya que, Romieu (2003) señala a la pintura, soldaduras y el barniz como fuente de contaminación por plomo en alimentos.

Se realizó el análisis de varianza, al realizar la prueba de F se encontró una alta significación estadística para los bloques, por lo que se realizó la prueba de comparación múltiple de Duncan al 1% para observar mejor las diferencias de los promedios.

La prueba de comparaciones múltiples de Duncan al 1%, indica que, los alimentos expandidos de provincias tienen una media de 3.54 mg kg⁻¹ de plomo total, que sobrepasa las normas del *Codex Alimentarius*. En cambio los alimentos expandidos con el prototipo rediseñado y los

granos de cereales (0.21 y 0.20 mg kg⁻¹ respectivamente) no presentan diferencias estadísticas en el contenido de plomo. Las razones de la similitud del contenido de plomo entre cereales y alimentos expandidos con el prototipo rediseñado son por el material de contacto con los alimentos son de teflón (en la tapa) y acero inoxidable (en la cámara), pues, según el MINSA/DIGESA (1998) indica que el equipo y los utensilios empleados en la manipulación de alimentos, deben estar fabricados de materiales que no produzcan ni emitan sustancias tóxicas ni impregnen a los alimentos y bebidas de olores o sabores desagradables.

Prototipo rediseñado

Con la finalidad de determinar las condiciones de proceso del prototipo rediseñado se realizaron pruebas de ajuste. Estas pruebas fueron: Cierre hermético, cantidad de carga, presión de retiro de la fuente de calor y presión de descarga con diferentes alimentos tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Condiciones de proceso del prototipo rediseñado para la obtención de diferentes alimentos expandidos en la Empresa El Altiplano SAC - Juliaca.

Alimento	Carga por batch (kg)	Humedad adecuada (%)	Presión de:	
			Retiro de la fuente de calor (lb/pulg ²)	Explosión descarga (lb/pulg ²)
Maíz	1.5	10	130	150
Arroz	1	10	100	130
Trigo	1	10	130	150
Quinoa	0,5	15	100	160
Kiwicha	1,5	15	100	150
Habas	1,5	10	80	100

Fuente: Elaboración propia (2008)

Los resultados de las condiciones de proceso tales como carga por *batch*, humedad, retiro de la fuente de calor y la presión de explosión para diferentes alimentos están alrededor de las condiciones indicadas por Montero (1992) a 3200 msnm; asimismo indica que las condiciones de proceso varían de acuerdo al lugar y la altura.

Los materiales del prototipo rediseñado constan de: Hierro fundido (2 medias tapas, 2 soportes laterales, volante). Acero inoxidable 300 (Tapa porta sello, horquilla con tuerca central, eje central roscado, eje lateral, palanca de ajuste de 5/8 pulg de diámetro, palanca de seguro de 1/2 pulg

de diámetro). Acero inoxidable 304-2b (cámara receptora). Teflón para sellado hermético, soporta temperaturas superiores a 300°C. Otros (manómetro con glicerina, fuente de suministro de calor a base de gas licuado de petróleo). Los accesorios están compuestos por una boquilla, válvula, manguera y regulador de gas.

CONCLUSIONES

El contenido de plomo total promedio en los cereales de quinua, maíz, arroz y trigo son menores a 0.1 mg kg^{-1} . Los alimentos expandidos de quinua, maíz, arroz y trigo que se expenden en mercados de provincias contienen en promedio 2.91 ; 3.07 ; 6.02 y 2.82 mg kg^{-1} . Los expandidos de los mismos cereales procesados en el prototipo rediseñado contienen 0.15 ; 0.48 ; menor de 0.10 y 0.23 mg kg^{-1} de plomo total respectivamente. Los cereales y alimentos expandidos con el prototipo rediseñado, no difieren estadísticamente y están alrededor del nivel máximo del *Codex Alimentarius* para cereales (0.2 mg kg^{-1}). Sin embargo el contenido de plomo total en los alimentos expandidos de provincias supera ampliamente el nivel indicado anteriormente.

Los materiales y partes de contacto con los alimentos del prototipo rediseñado son: Teflón (tapa) y acero inoxidable calidad 304-2b (cámara), los que redujeron el contenido de plomo total en alimentos expandidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Castro, N. R. (1986). Procesamiento de la cebada por el método de expansión por explosión. Tesis, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- Chávez, R. N. (1990). Planta de procesamiento de maíz, trigo y arroz por el método de expansión por explosión. Proyecto de pre factibilidad. Tesis, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco.
- Directiva 2006/125/CE. (2006). Relativa a los alimentos elaborados a base de cereales y alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad. Diario oficial de la Unión Europea.
- FAO/OMS. (2007). Comisión del *Codex Alimentarius*: Manual de procedimiento. (17 ed.). Roma, Italia: ISSN 1020-8097.
- FAO/OMS. (2001). Informe de la 32a reunión del comité del *Codex* sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos. Ginebra, Suiza: ALINORM 01/12.
- Febres, M. (2004). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Recuperado el 13 de agosto de 2008, de Proyecto regional DESK de la red de transferencia tecnológica. Informe de consultoría. Sector Agroindustria: <http://www.concytec.gob.pe/red-andina/nodoperu/inforsecprioza/3sectoragroindustria.pdf>
- MINSA/DIGESA. (1998). Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas. Decreto Supremo N° 007-98-SA, MINSA/DIGESA, Lima.
- Mott, R. L. (2006). Diseño de elementos de máquinas. (4 ed.). (V. Gonzales y Pozo, Trad.) México: PEARSON Educación.
- Montero, R. (1992). Expandidos. Tecnología intermedia ITDG - Programa de procesamiento de alimentos (3), 24.
- Mujica, A., ortiz, R., bonifacio, A., saravia, R., corredor, G., romero, A., Y otros. (2006). Agroindustria de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en los países andinos. Puno, Perú: Altiplano EIRL.
- Poschenrieder, C., & barcelo, J. (2004). Estres por metales pesados. En M. J. Reigosa, N. Pedrol, & A. Sánchez, La eco fisiología vegetal. Una ciencia de síntesis. (pág. 1193). España: Paraninfo S.A.
- Reglamento CE N° 466/2001. (8 de Marzo de 2001). Centro tecnológico de la industria cárnica de La Rioja. Recuperado el 13 de Agosto de 2008, de Contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Diario oficial de la Unión Europea: http://www.ctic-larioja.es/informacion/biblio_legislacion/legislacion84.pdf
- Romieu, I. (2003). Uso de los datos de plumbemia para evaluar y prevenir el envenenamiento infantil por plomo en latinoamérica. Salud Pública (2:S244-S251), 8.
- Skoog, D. A., holler, F. J., & crouch, S. R. (2008). Principios de análisis instrumental. (6 ed.). (M. B. Anzures, Trad.) México: Cengage Learning.

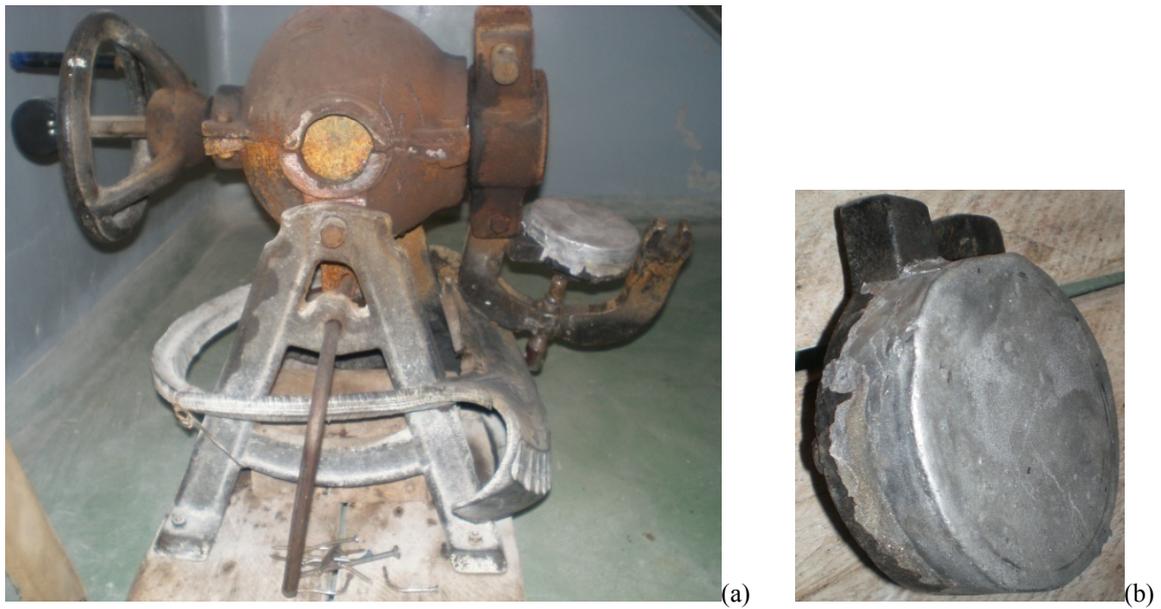


Figura 1. (a) Vista lateral del expansor tipo batch tradicional, (b) tapa rellena con plomo. Cortesía de la Empresa El Altiplano SAC – Juliaca (2008)

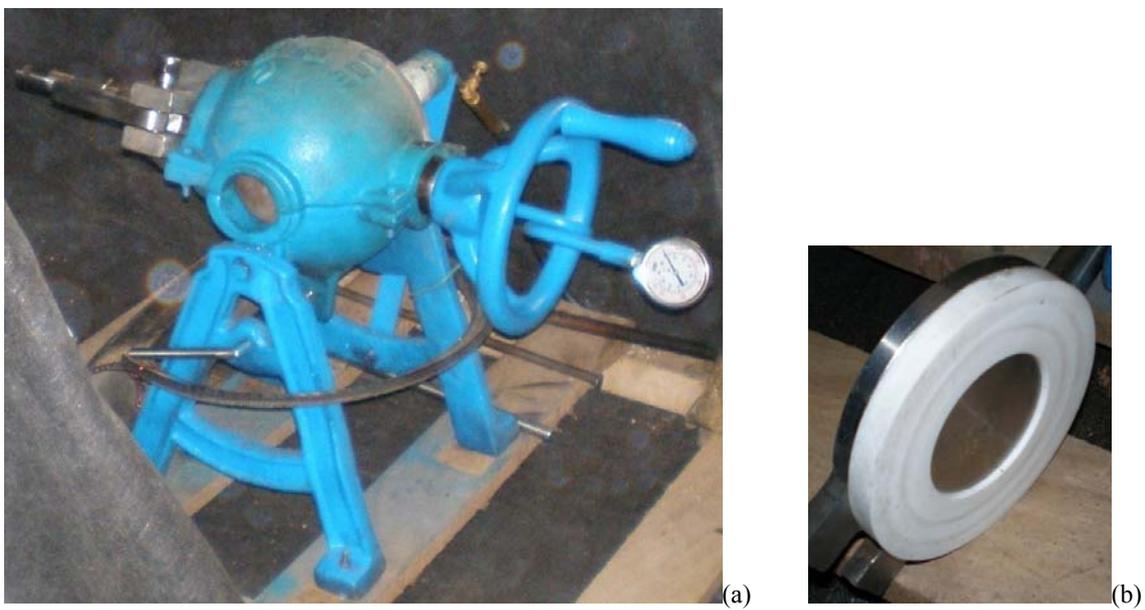


Figura 2. (a) Vista de perfil del prototipo rediseñado, (b) tapa provista de teflon. Cortesía CICADER-FCA-UNAP-NUS-IFAD II (2008)