

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

DETERMINACION DEL GRADO DE EFICIENCIA DE LA DOSIFICACION ACTUAL  
DE VITAMINA "A" EN EL AZUCAR DE CONSUMO EN GUATEMALA, Y, EVALUACION  
DE ALTERNATIVAS PARA SU MEJORAMIENTO.

TESIS  
PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
POR

IRMA ODETTE PELAEZ SANCHEZ

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO

GUATEMALA, MARZO DE 1,996

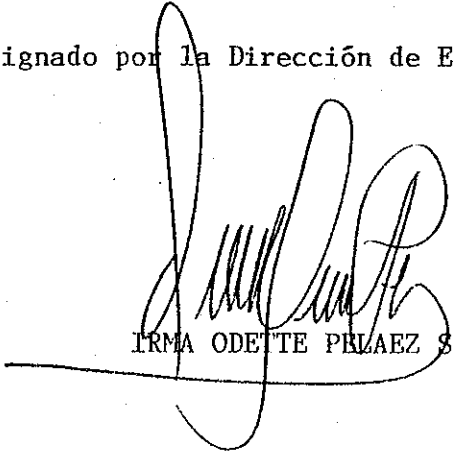
08  
TC3704  
C.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

DETERMINACION DEL GRADO DE EFICIENCIA DE LA DOSIFICACION ACUAL DE VITAMINA "A"  
EN EL AZUCAR DE CONSUMO EN GUATEMALA, Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS  
PARA SU MEJORAMIENTO.

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Química.



IRMA ODETTE PELAEZ SANCHEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL PRIMERO:	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL TERCERO:	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL CUARTO:	Br. Fernando Waldemar de León Contreras
VOCAL QUINTO:	Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR:	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADOR:	Ing. Telma Maricela Cano Morales
EXAMINADOR:	Ing. Williams Guillermo Alvarez Mejía
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López

Guatemala, 14 de noviembre de 1,995.

Dr. Adolfo Gramajo.  
Director Escuela de Ingenieria Quimica.  
Universidad de San Carlos de Guatemala,  
Presente.

Dr. Gramajo:

Para su consideración y revisión presento a usted el informe final de la tesis del Br. Irma Odette Pelaez Sanchez, carnet 8612131, titulada: "DETERMINACION DEL GRADO DE EFICIENCIA DE LA ACTUAL DOSIFICACION DE LA VITAMINA "A" EN EL AZUCAR DE CONSUMO EN GUATEMALA Y, EVALUACION DE ALTERNATIVAS PARA SU MEJORAMIENTO". Este trabajo fue realizado bajo mi supervisión.

Esperando que el informe enviado llene los requerimientos exigidos por su unidad académica para este tipo de trabajo.

Atentamente,



Dr. Victor Quiroa  
Asesor.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria. zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 23 de febrero de 1,996.

Doctor  
Adolfo Gramajo  
Director  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ciudad Universitaria.

Estimado Doctor Gramajo.

Después de saludarle, le informo que he concluido la  
revisión del informe final de tesis de la estudiante  
universitaria IRMA ODETTE PELAEZ SANCHEZ, titulado:  
DETERMINACION DEL GRADO DE EFICIENCIA DE LA DOSIFICACION ACTUAL  
DE VITAMINA "A" EN EL AZUCAR DE CONSUMO EN GUATEMALA Y  
EVALUACION DE ALTERNATIVAS PARA SU MEJORAMIENTO.

Considero que el presente trabajo llena los requisitos de  
una tesis de grado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

Ing. Ana Miriam Obregón de Castillo  
Revisora de tesis

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen de Asesor con el Visto Bueno del Revisor al trabajo de tesis titulado: **DETERMINACION DEL GRADO DE EFICIENCIA DE LA DOSIFICACION ACTUAL DE VITAMINA "A" EN EL AZUCAR DE CONSUMO EN GUATEMALA, Y, EVALUACION DE ALTERNATIVAS PARA SU MEJORAMIENTO,** presentado por la estudiante **IRMA ODETTE PELAEZ SANCHEZ,** procede a la autorización del mismo.

  
Dr. Adolfo Gramajo

DIRECTOR  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA



Guatemala, 13 de marzo de 1,996.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



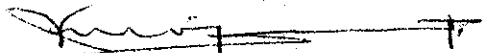
**FACULTAD DE INGENIERIA**

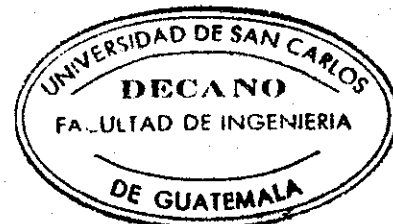
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, Dr. Adolfo Gramajo, al trabajo de tesis titulado: **DETERMINACION DEL GRADO DE EFICIENCIA DE LA DOSIFICACION ACTUAL DE VITAMINA "A" EN EL AZUCAR DE CONSUMO EN GUATEMALA, Y, EVALUACION DE ALTERNATIVAS PARA SU MEJORAMIENTO**, presentado por la estudiante **IRMA ODETTE PELAEZ SANCHEZ**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

**IMPRIMASE:**

  
Ing. Julio Ismael González Podszueck  
DECANO



Guatemala, 13 de marzo de 1,996.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

## INDICE GENERAL

- 1) Dedicatoria
- ii) Agradecimientos
- iii) Logros obtenidos

### CAPITULO I

	Páginas
1.0 Resumen	1
1.1 Introducción	2-3
1.2 Antecedentes	4-8
1.3 Justificación	9
1.4 Objetivos	10
1.5 Hipótesis	11

### CAPITULO II

2.1 Metodología general	12-13
2.2 Metodología específica	14-17
2.3 Método de análisis químico de azúcar fortificado	18-19
2.4 Método de análisis químico para premezclas	20-21



### CAPITULO III

3.1	Resultados	22-24
3.2	Discusión de resultados	25-27
3.3	Conclusiones	28
3.4	Recomendaciones	29
3.5	Referencias	30-31

### APÉNDICE

I)	Glosario	32-33
II)	Información general de fortificación	34
III)	Tablas de resultados:	35
	- Resultados promedio del valor de fortificación en mg/kg según lugar de aplicación.	
	- Verificación de hipótesis modificando la premezcla.	
IV)	Gráficas de resultados promedios	36-43
	- Después de secado	36
	- Tornillo sin fin	37
	- Faja transportadora	38
	- Centrífuga	39
	- Relación premezcla/azúcar 1/1000	40
	- Relación premezcla/azúcar 1/750	41
	- Relación premezcla/azúcar 1/500	42
	- Comparación de concentraciones de premezcla	43

## DEDICATORIA

" Dame un pescado y comeré una vez. Enséñame a pescar y comeré para siempre."

Dedico el presente trabajo a:

DIOS: por permitirme alcanzar una meta importante en mi vida.

MIS PADRES: por haberme dado apoyo Moral y Espiritual para alcanzar una de mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

El trabajo experimental del presente estudio ha sido financiado en parte por ROCAP/AID mediante el proyecto 596-0169 al Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) y, la Asociación de Azucareros de Guatemala.

Colaboraron además: Ingenio Concepción; Ingenio Pantaleón; Ingenio Sta. Ana; Ingenio Madre Tierra; Ingenio Sta. Teresa e Ingenio San Diego.

A los cuales se les agradece su apoyo y confianza para que se llevara a cabo el presente estudio que viene a beneficiar al consumidor e ingenios de Guatemala.

## LOGROS

Durante la zafra 92-93, estaba vigente el decreto ley 56-74 con fecha 28 de junio de 1,974. Modificado por el decreto 145-87 y apoyado con el reglamento SP-6-105-74 que hacía mandatorio la fortificación del azúcar de Consumo Nacional con Vitamina "A" a concentraciones de 13-17 ppm.

Gracias en parte al presente estudio que demuestra las grandes variaciones entre concentraciones de azúcar fortificado con vitamina "A", a partir de la zafra 93/94, los rangos de concentración de azúcar fortificado con vitamina "A" fueron cambiados al rango (10-20 ppm) según acuerdo Gubernativo número 497-93 de fecha 24 de septiembre de 1,993.

## RESUMEN

El presente trabajo evalúa el proceso de dosificación de vitamina "A" en azúcar de consumo en Guatemala y plantea opciones para su mejoramiento.

Se determinan los puntos críticos que afectan la estabilidad y homogeneidad del azúcar fortificado.

Los modelos obtenidos permiten afirmar que el dosificador actualmente utilizado falla en replicar el mecanismo de adición manual de la premezcla en las centrifugas; por esta razón, las concentraciones de vitamina A son más aleatorias que con el método manual.

Los resultados estadísticos revelan que el problema de no homogeneidad de vitamina A no se ve afectado por el cambio de relación de premezcla, y se llega a concluir que la variación de concentración de vitamina A en azúcar fortificado puede ser acusado directamente al dosificador.

## INTRODUCCION

En Guatemala, existe un alto indice de hipovitaminosis A, debida fundamentalmente a una baja ingesta dietética de alimentos de origen animal, que son los que contienen más retinol (vitamina A).

El programa de fortificación para la prevención de la hipovitaminosis A, hoy en día, consiste en la preparación de azúcar que contiene retinol en una concentración de 15  $\mu\text{g/g}$  o 50 UI/g, utilizando para ello una premezcla consistente en una mezcla estabilizada de azúcar y vitamina A, que debe tener 15,000  $\mu\text{g}$  (50,000 UI) de vitamina A como palmitato de retinol hidromiscible.

Se escogió el azúcar como vehículo de la vitamina, ya que reúne las siguientes características:

- a) es consumido universalmente por la población;
- b) su consumo per cápita varía poco día a día;
- c) su suplementación resulta imperceptible a las

características organolépticas del vehículo, y su costo y naturaleza hacen que el proceso de suplementación sea económicamente factible a escala industrial.

Este proceso empieza a sufrir fallas durante la dilución de la premezcla con el azúcar sulfitado. Los resultados obtenidos

por los laboratorios del Ministerio de Salud en muestras de azúcar tomadas directamente en los centros de producción revelan que 8% del azúcar no posee vitamina A, que sólo el 50% posee esta vitamina a concentraciones inferiores a los límites legales (13-17  $\mu\text{g/g}$ ), que sólo el 30% del azúcar llena los requisitos legales y, que el 14% presenta exceso de vitamina A. (Ref.2 pag 9). Indudablemente, la vitamina A se está agregando, por lo que estos resultados sólo pueden explicarse por mala homogeneización o deterioro de esta vitamina durante el proceso.

Este y otros factores no determinados pueden explicar el grado de variación en el contenido de vitamina A del azúcar producido en los diferentes ingenios del país.

El presente estudio utiliza los resultados de cinco ingenios que fortifican el azúcar con tecnologías diferentes, con el propósito de evaluar el diseño de los dosificadores empleados, así como posibles ubicaciones del mismo:

- a) centrifugas,
- b) entrada de secador,
- c) entrada de enfriador,
- d) tamices clasificadores,
- e) envasado.

## ANTECEDENTES

Dada las condiciones actuales de Guatemala, la fortificación de azúcar con vitamina A es una medida válida para el control de la hipovitaminosis A.

El proceso de fortificación de azúcar con vitamina A en Guatemala consta de dos etapas: la primera de 1975-77, y la segunda de 1988 al presente. En ambas ocasiones, la actividad ha iniciado con la supervisión y estímulo de organismos internacionales a través de equipos técnicos coordinados.

Durante la primera etapa, se logró la emisión de la legislación y reglamentación necesaria (Decreto No. 58-74), que hizo mandatorio la fortificación universal del azúcar para consumo interno con palmitato de retinol, a 27.5 ug/g, equivalente en retinol a 15 µg/g (≈50 UI).

Este nivel fue calculado con base en el requerimiento diario de preescolares (300 ug aprox. 1000 UI de retinol) y al consumo promedio de azúcar de este grupo poblacional en el área rural (20 g de azúcar). (8).

Durante su primera etapa, el impacto biológico de la fortificación se evaluó por medio de la estimación de retinol en suero y leche humana, determinación de reservas hepáticas en personas fallecidas por causas accidentales, y con examen clínico ocular. Los datos obtenidos con las muestras de suero se presentan en la tabla 1.



**TABLA 1**

**NIVELES DE RETINOL SERICO EN NIÑOS PRE-ESCOLARES DE AREAS RURALES DURANTE LA FORTIFICACIÓN 1976-77**

PERIODO	# CASAS	%	
		< 20 µG/dL	<30µg/d
Octubre- Nov. 1975	543	21.7	58.5
Abril- Mayo 1976	585	14.2	49.2
Octubre-Nov 1976	644	5.8	30.7
Abril-Mayo 1977	676	11.1	39.1
Octubre-Nov 1977	721	9.2	45.2

En esa misma ocasión, se estimó, de acuerdo con el nivel de fortificación y al consumo de alimentos de las poblaciones estudiadas, la ingesta diaria de equivalentes de retinol or persona (Tabla 2).

**TABLA 2**

**INGESTA DIARIA EQUIVALENTES DE RETINOL POR PERSONA (µG)**

PERIODO DE ENCUESTA	DE ALIMENTOS NATURALES	DE AZUCAR FORTIFICADO	TOTAL
Octubre-Nov. 1976	198	425	623
Abril-Mayo 1977	251	419	670
Octubre-Nov. 1977	182	445	627

\* Nivel de fortificación de 10 µg/g.

Los resultados de la Tabla 2 muestran que el azúcar fortificado suministró la mayor parte de los equivalentes de retinol de la población estudiada, y que los requerimientos mínimos de casi todas las personas fueron alcanzados. Únicamente quedaron insatisfechos los requerimientos de las mujeres nodrizas. El impacto biológico del proceso de fortificación actual no ha sido analizado con tanto detalle. Sin embargo, resultados procedentes de niños de poblaciones de ingenios azucareros se muestran el mismo efecto positivo (4) Tabla 3.

**TABLA 3**  
**NIVELES DE RETINOL SERICO EN NIÑOS PRE-ESCOLARES DE**  
**INGENIOS AZUCAREROS DURANTE LA FORTIFICACIÓN 1988-90**

PERIODO	%	
	20 µg/dL	< 30 µg/dL
Basal (1988)	26.4	53.8
Evaluación (1989)	8.1	27.0

Durante la zafra 1990-91, se fortificaron 8 millones de quintales de azúcar, con un costo total de 8 millones de quetzales. Para esta fortificación se importaron 66 toneladas

palmitato de retinol.

En resumen, se puede decir que el nivel inicial de fortificación se establece con base en la información derivada de la evaluación nutricional de 1,965, que documenta que el consumo medio de azúcar de la población rural es de 36 gr por persona/día. El nivel de fortificación se establece entonces en 20.8 ug de vitamina A por gramo de azúcar para garantizar el consumo de 750 ug de retinol que es la recomendación dietética diaria para un adulto. (Ref. 103 UNICEF)

Para iniciar el programa Nacional de azúcar con vitamina A y hacer obligatoria la fortificación de toda la azúcar de consumo interno a un nivel de 15 ug/g (50 UI), se emite el decreto 56-74 fecha 28 de junio de 1,974 modificado por el decreto 145-87 y apoyado con el reglamento SP-6-105-74.

La fortificación del azúcar de consumo interno en Guatemala se suspende en la zafra 1,977-1978, y se reinicia en la zafra 1,988-1989 y se mantiene ininterrumpidamente hasta la fecha.

La vitamina A seleccionada para la fortificación es palmitato de retinilo 250 CWS preparado por Hoffman-La Roche de Basilea, Suiza.

Es un producto miscible en agua y es un microencapsulado que contiene gelatina y estabilizante. Su concentración de vitamina es de 250,000 UI por gramo.

El proceso consta de dos partes: La primera, prepara una premezcla concentrada de vitamina A, azúcar y antioxidante (estabilizador) en aceite vegetal. Esta premezcla contiene 1,000 veces más vitamina A que lo que se requiere en el azúcar fortificado. En la segunda parte, la premezcla se agrega al

azúcar en una proporción de 1 parte de premezcla por cada 1,000 partes de azúcar, y se mezcla cuidadosamente.

La fortificación del azúcar se lleva a cabo en Guatemala en las centrífugas o en cualquier sitio entre la descarga de las centrífugas y la entrada a los hornos de secado.

En la actualidad, se prefiere el sistema de adición automática de premezcla por medio de dosificadores. El dosificador se instala en cualquier sitio entre la descarga de las centrífugas y los hornos de secado.

En la agroindustria Guatemalteca, los puntos de dosificación más utilizados son:

- a) centrífugas;
- b) tornillo sin fin (secado);
- c) después de secado (elevador de canjilones).

## JUSTIFICACION

En Guatemala, existe una alta prevalencia de hipovitaminosis A, debida fundamentalmente a una baja ingesta dietética de alimentos de origen animal, que son los alimentos que contienen retinol o provitamina A.

Desde 1,965, la hipovitaminosis "A" es motivo de estudio debido al crecimiento de morbilidad por deficiencia de retinol ( $< 20 \text{ ug}/100$ ) en la sangre. (Ref. 1)

Los resultados obtenidos por los laboratorios del Ministerio de Salud en muestras de azúcar tomadas directamente de los centros de producción revelan que 6% del azúcar no posee vitamina "A", que 50% posee vitamina A a concentraciones inferiores a los límites legales, y que 14% presenta exceso de vitamina A. (Ref. 13. Promedio de niveles; gráfica 3).

El presente estudio evalúa tecnológicamente la incorporación de vitamina A al azúcar sulfitado; condición actual de los sistemas empleados para la adición de premezcla en el azúcar con vitamina A. Para ello, se seleccionan 5 ingenios que están fortificando el azúcar con técnicas y métodos diferentes: entrada al secador; entrada al enfriador; tamices clasificadores; envasado; centrífuga.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia del proceso actual de dosificación de vitamina A en azúcar sulfitado de consumo Nacional y evaluar alternativas para su mejoramiento.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso de fortificación.
- b) Evaluar cada punto de aplicación de la vitamina A en el proceso.
- c) Proponer alternativas para mejoramiento.

### HIPÓTESIS

Es posible técnicamente fortificar el azúcar con vitamina A a niveles de  $15 \mu\text{g/g} \pm 5 \mu\text{g/g}$ .

### HIPÓTESIS NULA

No es posible técnicamente fortificar el azúcar con vitamina A a niveles de  $15 \mu\text{g/g} \pm 5 \mu\text{g/g}$ .

## METODOLOGÍA GENERAL

### ANÁLISIS DEL PROCESO

Analizar el proceso actual y determinar los puntos críticos que afecten la estabilidad y la cantidad de vitamina A en el azúcar.

1.- Se seleccionan 5 ingenios que estén fortificando con tecnologías diferentes haciendo un diagnóstico de su situación actual.

- a) centrífuga,
- b) tornillo de transporte,
- c) faja transportador,
- d) después de secado y/o enfriado y
- e) envasado.

2.- Capacitación del personal para aplicación, siguiendo su misma metodología actual.

Estas corridas se realizan durante 1 semana en cada ingenio. Se toman muestras de premezcla y de azúcar fortificada durante 4 días de producción.

Número de muestras:

PREMEZCLA: cada 6 horas según norma propuesta por INCAP (Zafra 92- 93); (Hora de toma: 04:00; 10:00; 16:00; 22:00; hrs).



**AZÚCAR:** cada 4 horas según norma propuesta por INCAP (Zafra 92- 93); (Horas de toma:00:00; 04:00; 08:00 y 12:00 16:00 y 20:00 hrs)

Se analiza el contenido de vitamina A en estas muestras y se determinará cuál de los procesos estudiados es el más eficiente.

### **ESTABILIDAD DEL PROCESO DE FORTIFICACIÓN DE AZÚCAR CON VITAMINA A**

Se evalúa la implementación del proceso de fortificación sobre la cantidad y estabilidad de la vitamina A en el azúcar.

Se trabaja en un ingenio y se modifica la premezcla:

- 1.- Utilización de premezclas más concentradas con relaciones 1:500; 1:750; 1:1000

El número de muestras que se va a tomar y analizar es el siguiente:

**PREMEZCLA:** cada 4 horas según norma propuesta por INCAP (Zafra 92- 93)

**AZÚCAR:** cada 6 horas según norma propuesta por INCAP (Zafra 92- 93)

## METODOLOGÍA ESPECÍFICA

### MATERIALES Y METODOS

#### METODOLOGÍA

El proceso de fortificación involucra dos etapas:

#### 1) Preparación de premezclas

a) Preparación de una premezcla a razón de:

15 mg de palmitato de retinol/ gramo de azúcar.

b) Preparación de una premezcla a razón de:

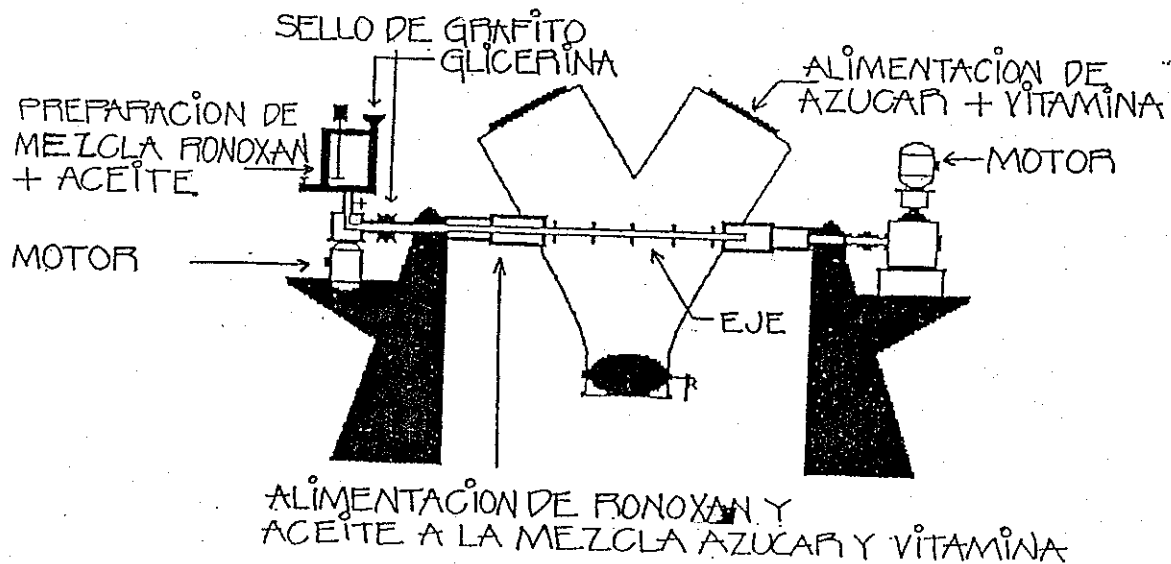
20 mg de palmitato de retinol/ gramo de azúcar.

c) Preparación de una premezcla a razón de :

30 mg de palmitato de retinol/ gramo de azúcar.

#### Equipo:

Para la preparación de la premezcla, se cuenta con un equipo especializado, y se muestra en el esquema 1.



ESQUEMA 1. Mezcladora tipo Y, para la preparación de premezclas.

**Especificaciones:**

Capacidad aproximada 275 lbs (125 kg) de azúcar con impregnación a razón de 10 a 15 seg; un sistema de calentamiento y un sistema de homogeneización.

**2MATERIALES:**

- 1) Vitamina A (Palmitato de retinol) de la casa Roche. Tipo 250 CWS (Cold Water Soluble).  
Suiza, 269,167 IU de Vitamina A/gramo aproximadamente.
- ii) Azúcar estándar
- iii) Ronoxan (antioxidante)
- iv) Aceite de soya y girasol (como medio de impregnación vitamina/azúcar)

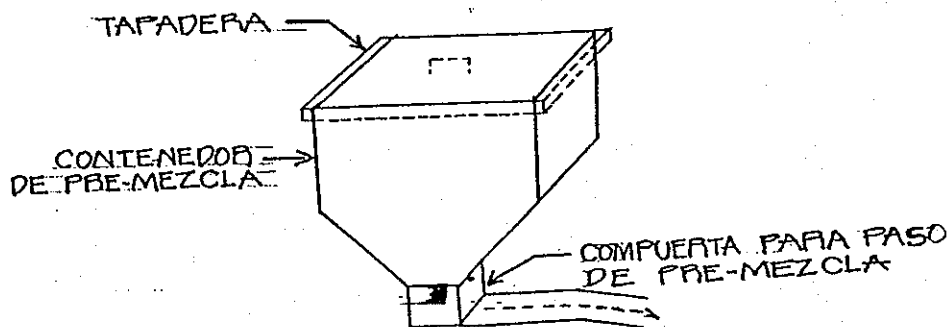
2) Incorporación de la premezcla al producto final de fabricación. Se toman como puntos de referencia los siguientes:

- i) centrífuga,
- ii) entrada al secador,
- iii) entrada al enfriador,
- iv) tamices clasificadores,

**Equipo:**

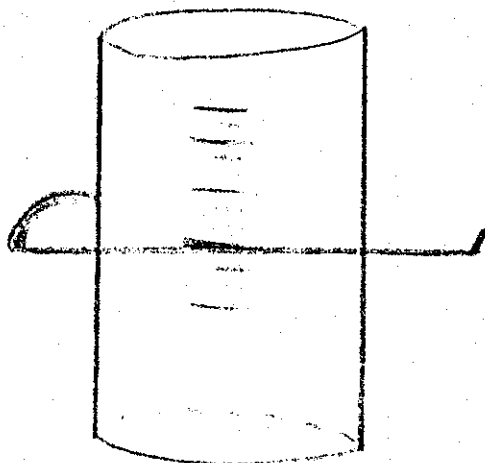
a) Dosificación automática:

Consiste en un dosificador con vibrador de velocidad variable, regable por voltaje en el motor. El mismo se muestra en el esquema 2.



ESQUEMA 2. Dosificador automático

- b) Dosificación manual: consiste en un recipiente con volumen constante razado, el cual es incorporado a cada descarga de centrifuga por un operario entrenado para el efecto.



ESQUEMA 3. Dosificador manual

**MATERIAL:**

Premezcla pre-empacada en sacos de 25 kg.

**Control y análisis:**

Los controles y análisis se centralizaron en laboratorios del INCAP, efectuados según normas impuestas por LUCAM y revisadas por Mazariegos en 1991 (Ref.2).

**Procedimiento:**

- Recolección de la muestra cada 6 horas para premezcla y cada 4 horas para azúcar fortificado con vitamina A.
- Transporte al laboratorio en sacos de vinil negro.
- Análisis inmediato por métodos analíticos instrumental UV a 325 nm (absorvancia máxima de vitamina A).
- Recopilación estadística de resultados.
- Interpretación estadística de los resultados.
- Planteo de hipótesis de comportamiento estadístico.
- Prueba de hipótesis de comportamiento estadístico y evaluación de los rangos de confianza.

de azúcar y etanol. Cerrar el tubo inmediatamente y mezclar en vortex por 30 segundos.

7. Permitir la separación de fases. A la mayor brevedad posible, transferir la solución etérea (sin color y en la parte superior) a una cubeta de espectrofotómetro y leer su absorbancia a 340 nm.

CALCULO:

$$\% \text{ RETINOL (MG/KG) = ABSORBANCIA X 56.921}$$

NOTA: el factor de multiplicación utilizado, varía dependiendo la longitud de onda a la que se lean las muestras, para este caso específico es 56.921, como se muestra en la fórmula.

## ANALISIS DE PREMEZCLAS POR METODO ANALITICO; INSTRUMENTAL UV

### PROCEDIMIENTO

\*\* PROCEDER EVITANDO EXPOSICIÓN A LA LUZ.

1. Homogeneizar cerca de 5 gramos de muestra, mezclándola cuidadosamente en un mortero pequeño.
2. Disolver 0.05 g de la muestra homogeneizada en 5.0 ml de agua destilada dentro de un beacker de 100 ml. Hacer esta operación por duplicado. Preparar un blanco de reactivos utilizando 5ml de agua sin azúcar.
3. Calentar en baño de agua a 60° C por 15 min. Dejar en reposo por 5 min o lo que sea necesario para que la solución se enfríe. Se transfiere la solución a balones aforados de 25 ml y se lleva a volumen con isopropanol. Mezcle.
4. Transferir 0.5 ml de la disolución de azúcar a un balón aforado de 5 ml. Aforar a 5.0 ml con isopropanol. Mezcle.
- 5.- Leer la absorbancia de la dilución preparada en el paso anterior a 340 nm, tomando como base de calibración, el isopropanol.

CALCULOS:

$$\% \text{ RETINOL (MG/G)} = \text{ABSORBANCIA} \times 36.802$$

NOTA: El factor por el que se multiplica la absorbancia, depende de la longitud de onda a la que se hagan las lecturas.



## RESULTADOS

### A) Resultados según punto de aplicación para evaluar los rangos de confianza.

#### a) FAJA TRANSPORTADORA

La concentración de palmitato de retinol en el producto final, disminuye de 15 mg/kg a 3.5 mg/kg a las 6:00 de la mañana evento coincidente con el cambio de turno.

La concentración en la premezcla oscila en un mínimo de 12.8 mg/kg y un máximo de 15.7 mg/kg.

Una bolsa de premezcla se agrega en aproximadamente 40 minutos; el balance de masa indica una pérdida aparente del 34% de vitamina "A".

#### b) TORNILLO SIN FIN

La concentración del palmitato de retinol en el producto final oscila entre 17 mg/kg a 2.9 mg/kg. Se detectan fuertes fluctuaciones de vitamina A en el azúcar a las 6:00 hrs; 18:00 hrs y 22:00 hrs. Eventos coincidentes con el cambio de turno.

El balance de masa indica una pérdida aparente del 43% de vitamina A.

#### c) CENTRÍFUGA

Las concentraciones registradas cuentan de 11 mg/kg a 20 mg/kg a las 16:00 hrs. Evento simultáneo al cambio de turno.

Esto conduce a pensar en un cambio de la conducta del personal de agregar más vitamina del requerido. El personal encargado de la dosificación tiene otras ocupaciones, lo que puede ser la causa de este descontrol. Los balances de masa de la vitamina A indican una pérdida aparente del 19%.

d) TORNILLO SIN FIN

Las concentraciones de palmitato de retinol registradas cuentan de 14.2 mg/kg a 10.6 mg/kg. Una bolsa de premezcla se agrega en aproximadamente 50 minutos. El balance de masa indica una pérdida aparente del 46% de vitamina A.

e) DESPUÉS DE SECADO

La concentración de palmitato de retinol oscila entre 34 mg/kg a 5 mg/kg. Se observan además altas variaciones de resultados pudiéndose acusar a la falta de control en la fortificación. El balance de masa indica una pérdida aparente del 66% de vitamina A durante el proceso.

B) Resultados para evaluar la hipótesis del comportamiento y rangos de confianza.

Se analizaron 3 tipos de premezcla con las siguientes relaciones 1/1000; 1/500 y 1/750.

- a) Se obtuvo para la primera relación, que la concentración disminuye de 27.5 a 4.2 mg/kg a las 6:00 de la mañana; evento coincidente con el cambio de turno.
- b) Para la segunda relación, la concentración de palmitato disminuye de 35.80 a 7.90 mg/kg.
- c) Para la última relación, la concentración de palmitato disminuye de 37.70 a 5.30 mg/kg; se requiere la intervención de un operario para liberar la premezcla aglutinada en el dosificador. Según el balance de masa, indica una pérdida aparente del 30% de vitamina en el proceso.

disminuye de 35.80 a 7.90 mg/kg.

- d) Para la última relación, la concentración de palmitato disminuye de 37.70 a 5.30 mg/kg; se requiere la intervención de un operario para liberar la premezcla aglutinada en el dosificador. Según el balance de masa, indica una pérdida parente del 30% de vitamina en el proceso.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según balances de materiales efectuados en los ingenios en estudio, la pérdida aparente de vitamina A oscila entre 66.2% y 18.7%, se pudo determinar que el proceso de fortificación empieza a sufrir fallas durante la dilución de la premezcla con el azúcar sulfitado. Resultados que pueden explicarse por:

- I) mala elaboración de premezcla;
- II) destrucción de la vitamina "A" en el proceso;
- III) mala homogeneización de la premezcla azúcar premezcla;
- IV) variación en el proceso de adición de premezcla;
- V) aglutinamiento de premezcla en la tolva del dosificador, debido al mal almacenamiento de la misma en lugares secos libres de condensación y
- VI) errores humanos, tales como: a) no se tiene una supervisión continua si el dosificador está trabajando correctamente; b) si se terminó la premezcla; c) si está pasando azúcar por los transportadores .

Los errores en la medida de vitamina A en el azúcar fortificado puede ser acusado al dosificador y al preparado de premezcla, ya que como se puede observar en la Gráfica I y II, el flujo de premezcla es variable y conduce a una concentración de vitamina A en el azúcar inversamente proporcional al flujo.

Se pueden plantear las siguientes situaciones:

- a) mezcla no homogénea en premezcla y azúcar fortificada
- b) técnicas de muestreo deficientes
- c) inestabilidad de la vitamina "A" y
- d) punto de dosificación de premezcla inadecuado.

a) **Mezcla no homogénea:**

- I) diferencia de tamaños de grano;
- II) diferencia de densidades reales;
- III) diferencia de forma;
- IV) diferencia de actividad magnética, y
- V) diferencia de actividad eléctrica.

b) **Técnicas de muestreo deficientes**

Esto es porque los muestreos que se realizan, no dan una visión clara de lo que está sucediendo con el azúcar fortificada.

c) **Inestabilidad de la vitamina "A":**

Resultados adicionales sobre la estabilidad técnica de la vitamina A muestran que las pérdidas son inferiores al 15% a la temperatura media de secado (65-70°C). Es el rango de incerteza de 1.93% sobre su actividad. (Ref.12 pag. 82)

d) **Punto de dosificación de premezcla inadecuado:**

Debido a que la mezcla azúcar-premezcla es difícil de homogeneizar, los puntos de dosificación (faja transportadora; tornillo sin fin; elevador de canjilones), resultan inadecuados para la dosificación de premezcla de vitamina A a azúcar. En estos puntos de dosificación, la mezcla azúcar-premezcla no obtiene un mezclado adecuado, y da lugar a pérdidas aparentes que oscilan del 34 al 66%, por lo que el método de dosificación manual consistente

en un recipiente con volumen constante razado por el cual un operario agrega la premezcla de vitamina A a cada carga de centrífuga, es el método de dosificación que presenta el más bajo rango de incerteza con solamente 19% de pérdida aparente.

Este tipo de dosificación es el más eficiente, ya que el operario está pendiente de cada carga de centrífuga para agregar la cantidad correcta de premezcla; además de que se tiene un mayor control en la dosificación, no se tienen los aglutamientos de premezcla que se tienen en los dosificadores automáticos, que hacen que las concentraciones de azúcar fortificado varíen constantemente.

## CONCLUSIONES

1. Si es posible fortificar el azúcar con vitamina A en el rango  $15\mu\text{g/g} \pm 2\mu\text{g/g}$ , si se modifica:
  - a) Preparado de premezcla.
  - b) Dosificador con servo mecanismo.
  - c) Control de fortificación.
  - d) Dosificar la premezcla en un punto donde se consiga un mayor mezclado, para evitar tener una mezcla no homogénea.
  
2. La preparación de diversos tipos de premezcla no resuelve el problema de la falta de homogeneidad de vitamina A en el azúcar.

## RECOMENDACIONES

### 1) Cambiar dosificador

El dosificador actualmente utilizado falla en replicar el mecanismo de adición manual de la premezcla en la centrífuga, y es éste el más preciso, y por eso produce concentraciones de vitamina "A" más variables que el método original.

### 2) Revisar métodos de análisis de vitamina A

Los métodos de análisis utilizados actualmente para la determinación de vitamina "A" en azúcar y premezcla no pueden aplicarse en su totalidad en la mayoría de ingenios, debido a que las instalaciones no son aptas para el manejo de solventes orgánicos.

### 3) Control de dosificación

Implementar un equipo específico para el control de fortificación consistente en:

- Operario
- Laboratorista
- Supervisor de producción



## REFERENCIAS

1. Arroyave, G.; et.al. Evaluación del programa nacional de fortificación de azúcar con vitamina "A". Publicación No. 384 de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), Washington, D.C, 1,979, 84 pp.
2. Arroyave, G.; et.al. Enriquecimiento de azúcar con vitamina A. Método para la determinación cuantitativa de retinol en azúcar blanca de mesa. Arch. Latinoamer. Nutr. 43:147-153. s.l.i., 1,974.
3. Bulux, J.; et.al. Taller regional sobre estrategias para mejorar el estado nutricional de vitamina A en América Latina y Caribe. Informe No. TA-3, vitamin A. Field support Project (VITAL), Arlington, 1,990, 57-62 pp.
4. Dary, Omar. Avances en el proceso de fortificación de azúcar con vitamina A en Centro América. Guatemala, 1,994 532-534pp.
5. Diaz Chinchilla, V.E. Determinación de la disminución de potencia que sufre la vitamina A durante el proceso de secado de azúcar. (tesis: Facultad de CC.QQ y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala, 1,983, 82 pp.

6. Hank, A. Retrospectiva histórica sobre las vitaminas.  
Nutrición y metabolismo. Aesopus, 1,986, vol. 42
7. Pineda, O. Erradicación de la deficiencia de vitamina A en Guatemala. Memorias del XII Congreso de Nutrición de Centro América y Panamá. Guatemala, 1,990, 67-71 PP.
8. Pineda, O. Hacia el control de la deficiencia de vitamina "A" en El Salvador. Unicef, San Salvador, El Salvador, 1,993.
9. Pineda, O. Fortificación de azúcar con vitamina A. Manual de Operaciones. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Guatemala, 1,989.
10. Fortification of sugar with vitamin A in Central America and Panama. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Publication No. V-36, s.l.i., s.p.i., 1,974.
11. Hay siete millones de pobres. Prensa Libre. Guatemala, s.p.i., 1,991.
12. Nutritional evaluation of the population of Central America and Panama. Instituto de Nutrición de Centro América y Panama, y Comité Interdepartamental de Nutrición para la defensa Nacional. Regional Summary. DHEW Publication No. HSM 72-8120, s.l.i., s.p.i., 1,992.

## GLOSARIO

- \* **VITAMINA:** compuesto orgánico indispensable (esencial) para la nutrición de los animales y humanos.
  
- \* **VITAMINAS LIPOSOLUBLES:** vitaminas sensibles a factores externos (procesos de oxidación, calor, humedad, luz UV, sales de metales, ciertas enzimas. Soluble en aceite.
  
- \* **PALMITATO DE RETINOL:** denominación común internacional de la vitamina A.
  
- \* **PREMEZCLA DE VITAMINA A:** mezcla que contiene: Palmitato de retinol, azúcar, aceite y ronoxán.
  
- \* **AZÚCAR:** familia de compuestos orgánicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, llamados también carbohidratos, sacáridos, glúcidos o azúcares. El azúcar que comúnmente se conoce es la denominada sacarosa.
  
- \* **SACAROSA:** disacárido conocido como la Alfa-D-Glucopiranosil-Beta-D-Fructofuranosa, cuya fórmula global es  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Compuesto denominado azúcar de caña.

- \* **HIPOVITAMINOSIS A:** deficiencia de retinol sérico en la sangre humana. (menor 20ug/100 ml).
  
- \* **FORTIFICACIÓN:** adición de nutrientes, generalmente micronutrientes, a un alimento, aumentando el valor nutritivo de éste.
  
- \* **DOSIFICACIÓN:** incorporación de premezcla al producto final de fabricación.
  
- \* **RONOXAN:** antioxidante para alimentos . gr de Ronoxan contiene:
  - dl-alfa Tocoferol
  - Palmitato de ascorbilo
  - LecitinaEn proporciones variables
  
- \* **VITAMINA A:** compuesto isoprenoide que contiene un anillo de seis átomos de carbono y una cadena lateral de once átomos de carbono.
  
- \* **CWS:** cool-water-soluble

## INFORMACIÓN GENERAL SOBRE FORTIFICACIÓN

1. El Palmitato de vitamina A (palmitato de retinilo) CWS-250 tiene una actividad de:

CWS-250            = 250,000 IU de vitamina A/gramo  
                      = 7.5% como retinol  
                      = 75 mg de retinol/gramo

2. Los equivalentes de actividad de retinol y pesos de fórmula de los diferentes ésteres son:

1 IU	= 0.300 ug de retinol	PF 288.48
	= 0.344 ug de acetato	PF 328.50
	= 0.550 ug de palmitato	PF 524.88

3. El nivel de fortificación utilizado en Guatemala es de 15 ug de retinol (50IU) por gramo de azúcar.

50 IU/g = 50,000 IU kg

1 g es suficiente para fortificar 5 kg de azúcar, por lo tanto se utilizan 9 g/quintal de azúcar.

1 kg es suficiente para fortificar 5000 kg de azúcar, o sea que es suficiente para 111 quintales de azúcar.

TABLA No. 1

Resultados promedio del valor de fortificación en mg/kg, según el lugar de aplicación

HORA	mg vit."A"/kg azúcar Después de secado (*1)	mg vit."A"/kg azúcar Tornillo sin fin (*2)	mg vit."A"/kg azúcar Faja Transportadora (*3)	mg vit."A"/kg azúcar Centrífuga (*4)
0:00	7.40	13.80	15.0	10.60
4:00	31.80	7.60	14.8	9.80
8:00	6.00	14.20	3.2	12.20
12:00	34.00	14.90	12.6	9.60
16:00	34.60	17.20	13.0	11.20
20:00	7.20	3.00	15.2	12.80

APENDICE

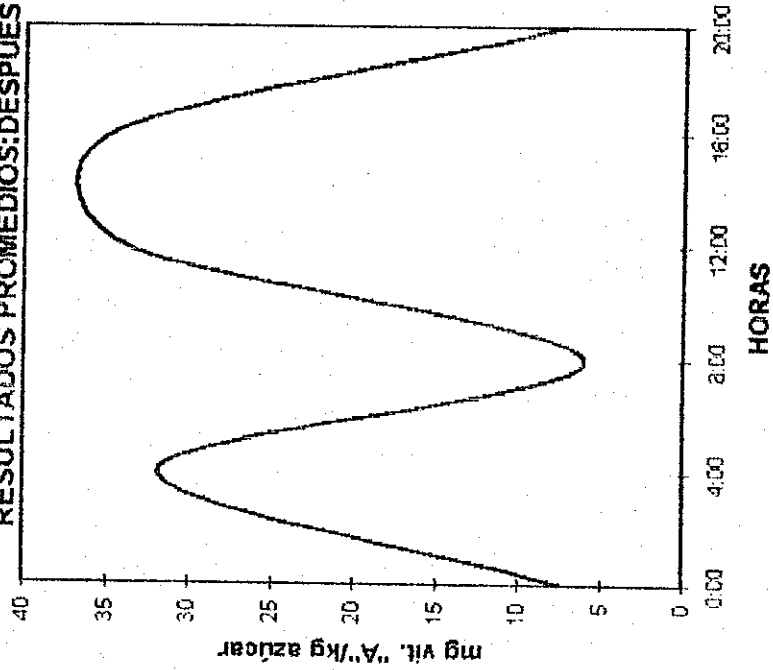
(*1)	(*2)	(*3)	(*4)
X +/- D.S=13.9+/-12.7 Mediana= 7.2 Rango= 1.3-45.8	X +/-D.S=10.3+/-6.3 Mediana= 10.7 Rango= 2.9-17.0	X +/-D.S=12.8+/-5.1 Mediana= 14.7 Rango= 3.3-18.3	X +/-D.S= 11.8+/-2.9 Mediana= 11.1 Rango= 9.1-20.1

TABLA No. 2

Verificación de hipótesis modificando la premezcla

HORA	mg vit. "A"/kg azúcar Relación 1/1000 (*1)	mg vit. "A"/kg azúcar Relación 1/750 (*2)	mg vit. "A"/kg azúcar Relación 1/500 (*3)
0:00	4.20	9.80	7.8
4:00	23.0	22.80	6.2
8:00	19.0	25.00	9.0
12:00	27.80	27.40	7.2
16:00	4.80	11.00	17.8
20:00	5.80	15.00	20.2
	(*1)	(*2)	(*3)
	Entrada=14.4 mg/kg Salida=13.7 mg/kg EFICIENCIA= 95.1%	Entrada=15.1 mg/kg Salida= 14.7 mg/kg EFICIENCIA= 97.4%	Entrada= 17.3 mg/kg Salida= 12.0 mg/kg EFICIENCIA= 69.4%

**GRAFICA No. 1**  
**RESULTADOS PROMEDIOS: DESPUES DE SECADO**

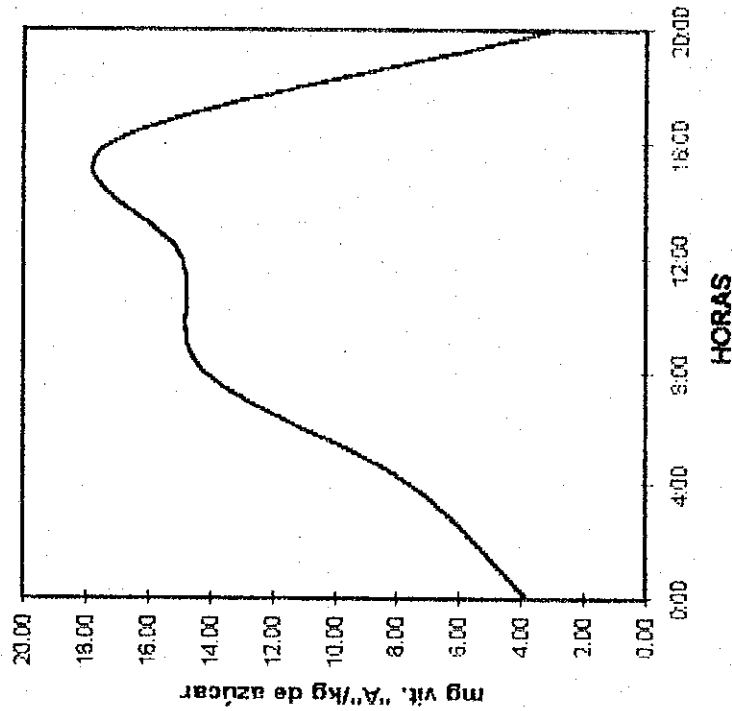


**Nota:** el balance de masa indica una pérdida aparente del 66% de vitamina "A" durante el proceso. La concentración de palmitato oscila entre 34 y 5 mg/kg

HORA	DESPUES DE SECADO mg. Vit. "A" /kg. de azúcar
0:00	7.4
4:00	31.8
8:00	6
12:00	34
16:00	34.6
20:00	7.2



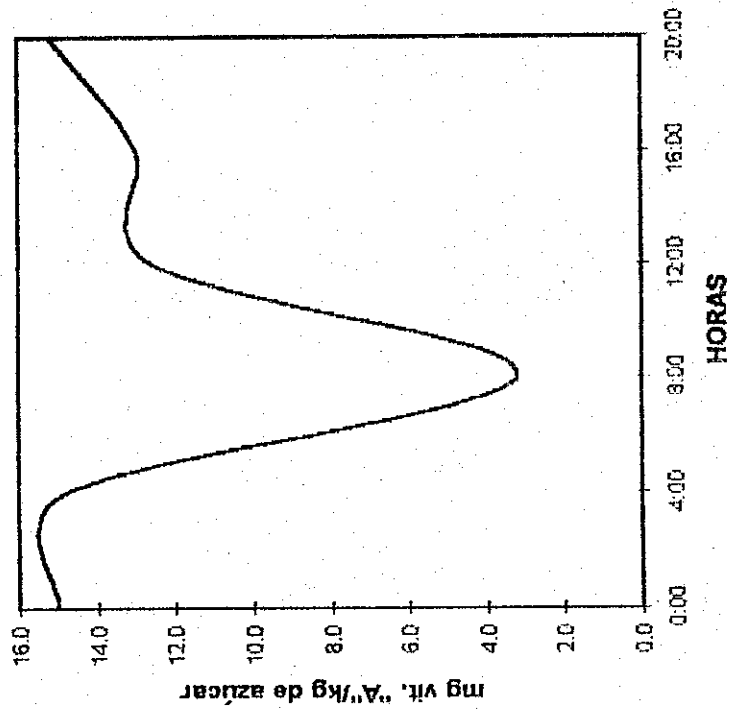
**GRAFICA No. 2**  
**RESULTADOS PROMEDIO; TORNILLO SIN FIN**



**Nota:** el balance de masa indica una pérdida aparente de 43.3% de vitamina "A" durante el proceso. Las concentraciones de palmitato oscilan entre 10.6 y 14.2 mg/kg

TORNILLO SIN FIN	
HORA	mg. Vit "A" /kg. de azúcar
0:00	3.80
4:00	7.60
8:00	14.20
12:00	14.90
16:00	17.20
20:00	3.00

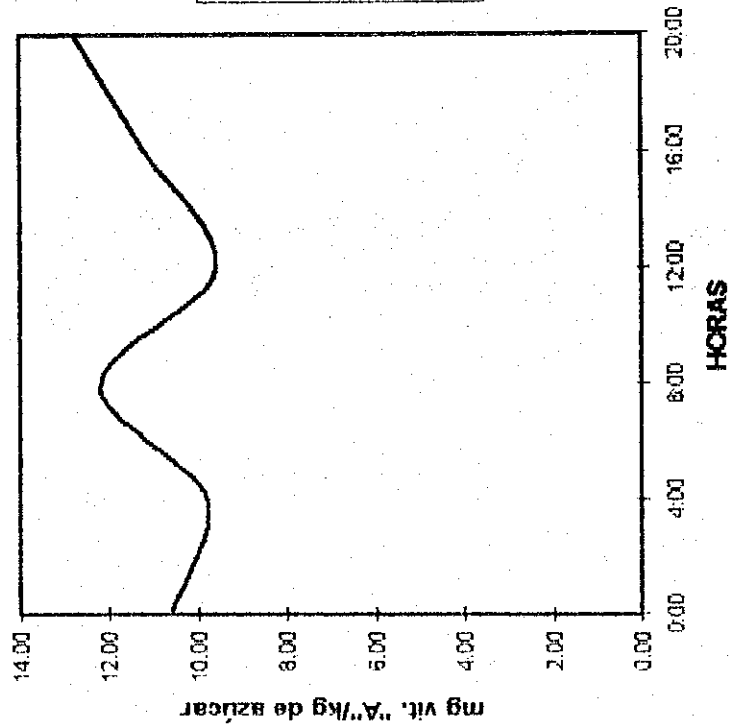
**GRAFICA No. 3**  
**RESULTADOS PROMEDIO: FAJA TRANSPORTADORA**



**Nota:** el balance de masa indica una pérdida aparente de 34.15% de vitamina "A" durante el proceso. La concentración de palmitato oscila entre 2.8 y 15.7 mg/kg

HORA	FAJA TRANSPORTADORA mg. Vit "A" /kg de azúcar
0:00	15.0
4:00	14.8
8:00	12.6
12:00	13.0
16:00	13.0
20:00	15.2

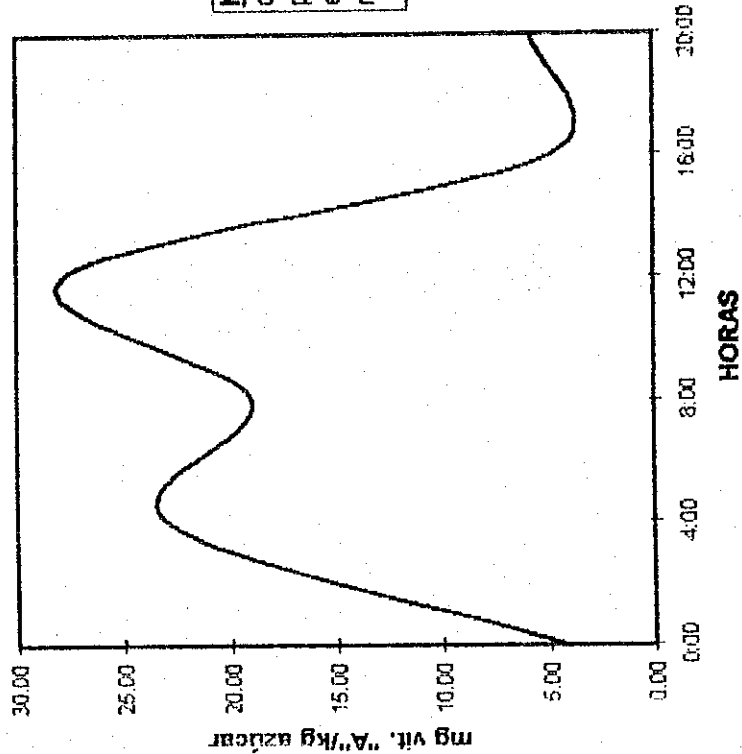
**GRAFICA No. 4**  
**RESULTADOS PROMEDIO;CENTRIFUGAS**



**Nota:** el balance de masa indica una pérdida aparente de 18.7% de vitamina "A" en el proceso. La concentración de palmitato oscila entre 20 y 11 mg/kg

CENTRIFUGA	
HORA	mg. Vit "A" /kg de azúcar
0:00	10.60
4:00	9.80
8:00	12.20
12:00	9.60
16:00	11.20
20:00	12.80

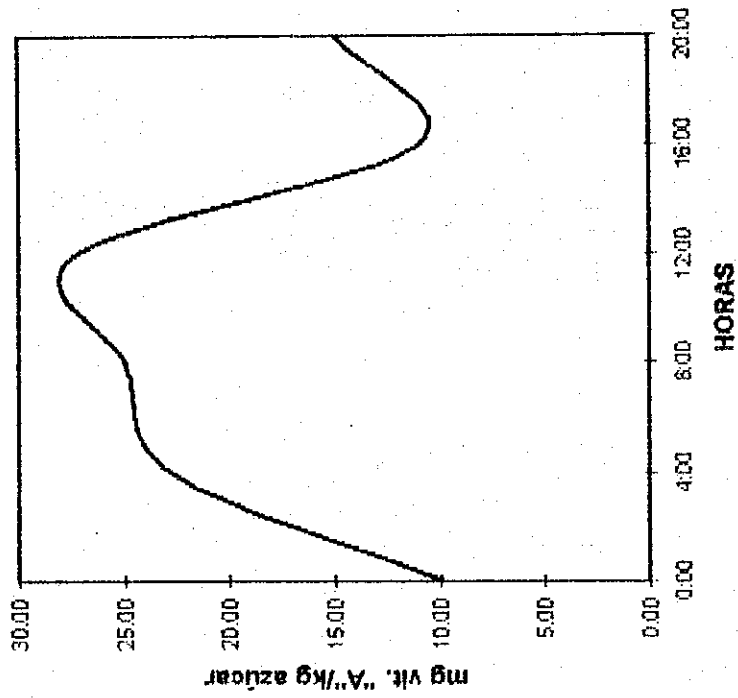
**GRAFICA No. 5**  
**RESULTADOS PROMEDIOS; RELACION 1/1000**



**Nota:** la  
 concentración de  
 palmitato oscila  
 entre 27.5 y 4.2  
 mg/kg

HORA	RELACION 1/1000 mg. Vit "A"/kg de azúcar
0:00	4.20
4:00	23.00
8:00	19.00
12:00	27.80
16:00	4.80
20:00	5.80

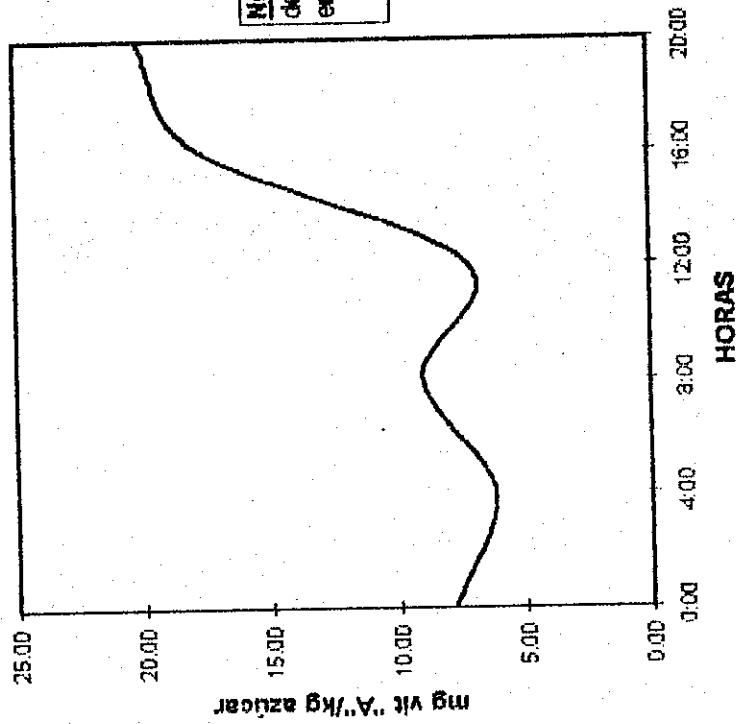
**GRAFICA No. 6**  
**RELACION 1/750**



Nota: la concentración de palmitato oscila entre 27.4 y 9.8 mg/kg

RELACION 1/750	
HORA	mg vit. A/kg de azúcar
0:00	9.80
4:00	22.80
8:00	25.00
12:00	27.40
16:00	11.00
20:00	15.00

**GRAFICA No. 7**  
**RESULTADOS PROMEDIO; RELACION 1/500**



RELACION 1/500	
HORA	mg. Vit. "A"/kg de azúcar
0:00	7.80
4:00	6.20
8:00	9.00
12:00	7.20
16:00	17.80
20:00	20.20

**GRAFICA No. 8**  
Verificación de hipótesis que modifica la premezcla

