

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**“EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE VITAMINA “A” EN  
AZÚCAR EXPENDIDA AL MENUDEO EN EL DEPARTAMENTO  
DE EL PROGRESO EN ÁREAS DE MAYOR RIESGO Y  
EXPOSICIÓN AL CALOR”**

**CLAUDIA DEL CARMEN CADENAS JÁUREGUI**

**QUÍMICA FARMACÉUTICA**

**GUATEMALA, JULIO DE 2008**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE VITAMINA “A” EN AZÚCAR  
EXPENDIDA AL MENUDEO EN EL DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO EN  
ÁREAS DE MAYOR RIESGO Y EXPOSICIÓN AL CALOR**

**INFORME DE TESIS**

**PRESENTADO POR:  
CLAUDIA DEL CARMEN CADENAS JÁUREGUI**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
QUÍMICO FARMACÉUTICO**

**GUATEMALA, JULIO DE 2008**

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

OSCAR MANUEL CÓBAR PINTO, Ph. D.	DECANO
Lic. PABLO ERNESTO OLIVA SOTO	SECRETARIO
Licda. LILLIAN RAQUEL IRVING ANTILLÓN	VOCAL I
Licda. LILIANA VIDES DE URIZAR	VOCAL II
Licda. BEATRIZ EUGENIA BATRES DE JIMÉNEZ	VOCAL III
Br. MARÍA ESMERALDA ARRIAGA MONTERROSO	VOCAL IV
Br. JOSÉ JUAN VEGA PÉREZ	VOCAL V

## ÍNDICE

	Página
1. Resumen	1
2. Introducción	3
3. Antecedentes	4
3.1. Azúcar	4
3.2. Vitamina “A”	5
3.3. Fortificación de azúcar	10
3.4. Condiciones de almacenamiento y estabilidad del retinol en el azúcar	12
3.5. Acciones emprendidas	13
3.6. Fortificación de alimentos con vitamina “A”	17
3.7. Historia de la fortificación de azúcar en Guatemala y aspectos legislativos	19
3.8. Determinación de retinol en azúcar fortificada por espectrofotometría	22
4. Justificación	23
5. Objetivos	25
6. Hipótesis	26
7. Materiales y métodos	27
8. Resultados	32
9. Discusión de resultados	40
10. Conclusiones	44
11. Recomendaciones	46
12. Referencias	48
13. Anexos	52

## 1. RESUMEN

Durante los últimos años se ha reconocido a la deficiencia de vitamina “A”, como un problema de salud pública a nivel nacional, tal deficiencia se ha evidenciado fuertemente en las poblaciones de escasos recursos económicos. Estudios epidemiológicos han demostrado claramente que la deficiencia de vitamina “A” es la causa principal de la ceguera, de la desnutrición proteico energética y del retardo en el crecimiento normal de los niños. Asimismo las personas con hipovitaminosis “A” están propensas a adquirir enfermedades infecciosas y virales, ésto se debe a que ésta juega un papel muy importante en el sistema inmune del ser humano.

Con base a lo indicado anteriormente, se entiende el interés de desarrollar estrategias encaminadas a la corrección y prevención de la deficiencia de dicha vitamina, por lo que el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá y la Organización Mundial de la Salud, pusieron en marcha el Programa de Fortificación de Azúcar con Vitamina “A”.

En el año 2001, se realizó un estudio en donde se evidenciaba que los niveles de vitamina “A” en el azúcar que se expenden en los departamentos de Izabal, Chiquimula, Zacapa y El Progreso, no cumplían con los niveles adecuados de fortificación con vitamina “A” y se determinó que el 34% de esta población recibe azúcar sin dicha vitamina. Se sabe que el retinol es degradado cuando el azúcar fortificada se encuentra expuesta a la luz solar y a temperaturas arriba de los 28°C, es por ello que se realizó este trabajo de investigación con el fin de cuantificar el contenido de vitamina “A” en azúcar que se expende en El Progreso, ya que es uno de los departamentos más calurosos y áridos de Guatemala.

Para ello se muestrearon 3 locales de cada municipio, obteniéndose un total de 24 muestras (13 expuestas directamente a la luz solar y 11 no expuestas a dicha luz), las cuales se analizaron por triplicado por el método de extracción con hexano.

Según los resultados obtenidos mediante la evaluación estadística, se determinó que el 67% de las muestras no cumplen con los requisitos de fortificación establecidos. Además todas las muestras almacenadas con exposición directa a la luz solar no

cumplen con los niveles mínimos de vitamina “A”; por lo que se concluye que las deficiencias de dicha vitamina en el azúcar se deben a la degradación del retinol por exposición a la luz solar y a temperaturas mayores a 28°C.

También se determinó que San Antonio La Paz, Sansare y El Júcaro eran los únicos municipios en donde se expende azúcar con los requerimientos necesarios de vitamina “A”, ya que las muestras se encontraban fuera del alcance de la luz solar. Con esto se puede concluir que el retinol se degrada más rápido en las muestras que se encuentran expuestas a la luz solar directa, que aquellas que se encuentran expuestas a la luz solar indirecta.

Debido a los resultados obtenidos es necesario que el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social promueva estrategias de almacenamiento en los locales, que distribuyen el azúcar en estas regiones, la capacitación continua a los expendedores de azúcar y a las amas de casa, con el fin de alargar la vida útil de la vitamina “A”, evitando de esta manera la deficiencia de dicha vitamina y sus consecuencias.

## 2. INTRODUCCIÓN

La vitamina “A” es un elemento esencial en el organismo humano, debido a que posee varias funciones importantes, por ejemplo, es necesaria para el crecimiento normal de los infantes, la diferenciación del tejido epitelial, el crecimiento de huesos y en el desarrollo embrionario. Asimismo, es indispensable debido a que juega un papel importante en la función de la retina y en el proceso de la visión.

Cuando hay una dieta balanceada, los alimentos son los encargados de aportar los requerimientos necesarios de vitamina “A” en el organismo. Si los niveles de vitamina “A” abastecen las necesidades del organismo, la función inmunitaria aumenta, evitando por ende algunas enfermedades infecciosas y previniendo la aparición de enfermedades malignas.

Esta vitamina posee acciones sobre el tejido epitelial, por lo cual es necesaria su presencia y utilización cuando hay afecciones cutáneas como la hiperqueratosis folicular de la piel, la queratinización del pulmón, tracto gastrointestinal y epitelios del tracto urinario, entre otros.

Los problemas principales de la deficiencia de la vitamina “A” en el organismo, son las afecciones visuales, que pueden ir desde una disminución de la adaptación a la oscuridad y ceguera nocturna, hasta la ceguera total, pasando previamente por la disfunción de la retina, la sequedad, engrosamiento, formación de arrugas, pigmentación turbia de la conjuntiva bulbar y finalmente la rotura de la córnea.

En los últimos veinte años se ha visto a la deficiencia de la vitamina “A” como un problema de salud pública guatemalteca, por lo que las autoridades de salud han desarrollado estrategias encaminadas a la corrección y prevención de la deficiencia de la vitamina “A” y sus consecuencias.

La Organización Panamericana de la Salud -OPS- y el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP- pusieron en marcha el “Programa de fortificación del azúcar con vitamina “A” en Guatemala”, logrando en el 2000 abastecer el 77% de la población con azúcar fortificada con vitamina “A”. En el año 2001, se realiza otro estudio en donde se evidencia que la mayor parte de los hogares guatemaltecos reciben azúcar fortificada con valores o concentraciones de vitamina “A” superiores a 3.5mg/kg. Sin embargo en los Departamentos de El Progreso, Zacapa, Chiquimula e Izabal no se cumplen con los requerimientos necesarios de fortificación de vitamina “A” en azúcar. Se cree que la

deficiencia de dicha vitamina en el azúcar que se expende en los departamentos antes mencionados se deba a una constante exposición del azúcar fortificada a temperaturas mayores a los 28°C o a la luz solar.

Uno de los medios para mejorar los niveles de vitamina A en azúcar, es contar con estrategias de control de calidad, pues por medio de ellas se puede controlar que los niveles de ésta en el azúcar al momento de salir de la fabricación se encuentren dentro del parámetro establecido (15mg/kg +/- 5mg/kg). Sin embargo, es importante el monitorear constantemente la concentración de vitamina “A” en el azúcar que se encuentra a la venta, especialmente el azúcar que se expende en los Departamentos que cuentan con un clima cálido extremo, ésto se debe a que el palmitato de retinol puede ser degradado fácilmente cuando se expone a la luz solar o a temperaturas arriba de 28°C.

Por lo tanto es importante evaluar si las condiciones de distribución, almacenamiento y expendio afecta de alguna manera la fortificación; permiten que el producto que llega al consumidor cuente con los niveles requeridos de dicha vitamina, ya que este producto es de alto consumo y fácil acceso a la población de escasos recursos y con pocas posibilidades de obtener fuentes nutricionales balanceadas.

Para la realización de la fase experimental se seleccionaron al azar 3 locales (número establecido por conveniencia) por municipio, en cada uno de los locales se compró 1 libra (unidad muestral) de azúcar. Al final del muestreo se obtuvo un total de 24 muestras que se analizaron por triplicado (13 expuestas directamente a la luz solar y 11 no expuestas a dicha luz). El método de análisis propuesto consiste en la extracción de palmitato de retinol en hexano y lectura por espectrofotometría a 325nm. Luego se determinó la concentración de vitamina “A” en cada muestra mediante la ecuación descrita en el numeral 6.3.10. Con las concentraciones de vitamina “A” obtenidas, se determinó el promedio y la desviación estándar. Asimismo la frecuencia y frecuencia absoluta del cumplimiento o no del Acuerdo Gubernativo sobre la cantidad de vitamina “A” que debe tener el azúcar. Por último se analizó la t de student y se determinó que las muestras expuestas directamente al sol se degradan más rápido que las muestras expuestas indirectamente a la luz solar.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. AZÚCAR

##### 3.1.1. Descripción:

Es una sustancia sólida, blanca y cristalina. Posee un sabor muy dulce y es fácilmente soluble en agua e insoluble en alcohol. Funde fácilmente a 180°C y a 210°C pierde toda el agua y forma el caramelo. El azúcar se extrae principalmente de la caña de azúcar y es utilizada en la industria alimenticia y farmacéutica para la fabricación de jarabes, licores, mermeladas, chocolates entre otros.<sup>1</sup>

##### 3.1.2. Tipos de azúcar:

3.1.2.1. Azúcar refinada: azúcar de pureza mayor.

3.1.2.2. Azúcar semirrefinada: azúcar de menor pureza que la refinada y que se produce diariamente en las fábricas que elaboran azúcar de color blanco.

3.1.2.3. Morena o negra: es el azúcar menos pura

##### 3.1.3. Obtención de azúcar:

Luego de ser cosechada, la caña de azúcar es prensada y triturada, con el fin de sacar todo el líquido posible de las mismas. Este líquido azucarado se somete a un tratamiento con cal apagada, con el fin de precipitar los ácidos, sustancias con albúmina y posibles colorantes, a este proceso se le denomina defecado.

Al terminar el anterior proceso, el líquido se pasa a una corriente de anhídrido carbónico con el fin de separar el excedente de cal. Se forma un precipitado el cual se separa del líquido por filtración. Luego se concentra y se deja enfriar hasta su cristalización, en esta etapa se obtienen el azúcar de primera.

Al obtener la cristalización del azúcar, se vierten a una centrifugadora con el fin de separar los cristales del líquido madre, los cristales se concentran de nuevo y se obtiene el azúcar de segunda. El líquido madre extraído se le denomina melaza, esta melaza la utilizan para la obtención de alcohol por fermentación.

El azúcar de segunda se somete a un tratamiento con anhídrido sulfuroso (sulfatación), con este proceso se logra decolorar el jugo, haciendo más fluidas las masas cocidas que se obtienen después de la concentración.

El azúcar obtenida es de color pardo e impura, para refinarla se disuelve en agua y se decolora con una disolución de carbón activado y con el cristalizado después de concentra a presión reducida. Con este tratamiento se obtiene el azúcar ideal para el consumo humano.<sup>1</sup>

### 3.2. VITAMINA “A”

La vitamina “A” es un compuesto poliisoprenoide que contiene un anillo ciclohexenilo. Vitamina “A” es un término genérico que se refiere a todos los compuestos de origen animal que presentan la actividad biológica de esta vitamina.<sup>2</sup>

El retinol es la forma activa de la vitamina “A”, presente en todos los tejidos y fluidos del organismo animal, pero no en plantas. El retinol se encuentra predominantemente esterificado con ácidos grasos, siendo el palmitato de éster el más común. Se encuentran además derivados del retinol con funciones bioquímicas específicas, tales como el retinal y el ácido retinoico, en los cuales el radical alcohólico primario (-OH) se ha oxidado a radical aldehído (-CHO) y ácido (-COOH) respectivamente.<sup>3</sup>

Las principales fuentes de naturales de obtención son los aceites de hígado de pescado y yema de huevo como vitamina preformada y como carotenoides se encuentran en las hortalizas de hojas verdes, cítricos, aceites de palma roja y zanahorias.<sup>2</sup>

#### 3.2.1. Importancia de al vitamina “A”:

En los vegetales la vitamina “A” existe como una provitamina,  $\beta$ -caroteno el cual es un pigmento amarillo que consiste en dos moléculas de retinal unidas por la terminación aldehído de sus cadenas de carbono. Sin embargo el  $\beta$ -caroteno no es metabolizado de manera eficaz a vitamina

“A”, el metabolito obtenido posee solamente la sexta parte de eficiencia comparado con el retinol.

La vitamina “A” es un alcohol cuya particularidad es importante porque le permite formar compuestos con proteínas, ácidos biliares y ácidos grasos por esterificación, los cuales pueden hidrolizarse liberando dicha vitamina. Es relativamente termoestable, por lo que la cocción de los alimentos que la contienen no disminuyen su concentración. Sin embargo el retinol puede sufrir fácilmente una oxidación, cuya velocidad depende de la temperatura, esto quiere decir que a menor temperatura menor velocidad de oxidación.<sup>2</sup>

La absorción de la provitamina “A” es mucho más eficiente que la vitamina “A” como caroteno, esto se debe a la baja solubilidad de los carotenoides en grasas, opuesto a la gran afinidad del retinol por las grasas.<sup>4</sup>

El mecanismo de absorción de la vitamina “A” se realiza de la siguiente forma: los ésteres de vitamina “A” ingeridos con la dieta son hidrolizados antes de cruzar la mucosa intestinal.<sup>4</sup> El retinol resultante, así como el ya preformado, penetran a la membrana celular de la mucosa.

Luego el retinol es re-esterificado por el ácido palmítico, en partículas intracelulares. El palmitato de retinol formado es excretado al citoplasma para luego atravesar la membrana celular hacia el torrente sanguíneo, por el sistema linfático y el conducto torácico. El órgano que almacena la vitamina “A” por excelencia es el hígado, pero también se han detectado concentraciones considerables en riñones, pulmones, tejido adiposo y glándula adrenal.<sup>5</sup>

### 3.2.2. Funciones fisiológicas de la vitamina “A”

La vitamina “A” es necesaria para el crecimiento y la diferenciación del tejido epitelial y crecimiento del hueso. El buen funcionamiento y la estabilidad estructural de las células epiteliales en todo el organismo dependen del aporte adecuado de vitamina “A”. En presencia adecuada de retinol o ácido retinoico, las células basales se estimulan para que produzcan

moco, al tener presencia excesiva de retinoides estas generan una capa gruesa de mucina, promoviendo la queratinización desmedida y el apareamiento de células calciformes.

La vitamina “A” aumenta la función inmunitaria, disminuyendo la sensibilidad del organismo a infecciones bacterianas, parasitarias y virales. A nivel celular propicia un buen funcionamiento de los linfocitos en el bazo y en las células asesinas mantiene su buen funcionamiento.<sup>5</sup>

También es necesaria para el mantenimiento normal de las funciones reproductivas, formación normal de huesos y lo que es más importante de los epitelios secretores de mucus.

La última función aunque no menos importante es el papel que juega la vitamina “A” en el proceso visual. En la mayoría de los vertebrados, la retina contiene dos sistemas fotorreceptores: los bastoncillos, sensibles a la luz de baja intensidad y los conos, sensibles a la luz de alta intensidad y al calor. Cada uno de estos sistemas contiene un pigmento fotosensitivo, formado por vitamina “A” y una proteína. La naturaleza de la molécula proteica es diferente en cada pigmento. La vitamina “A”, dependiendo de la especie, puede estar en forma de retinal (humanos y vertebrados terrestres) o de 3-di-hidroretinal. El pigmento presente en los bastoncillos es la rodopsina; en el caso de los conos es la iodopsina.<sup>6</sup>

### 3.2.3. Deficiencia de la vitamina “A”:

La deficiencia de vitamina “A” es una de las enfermedades más graves debido a la deficiencia nutricional en el mundo y se evidencia con mayor frecuencia en enfermedades crónicas que afectan la absorción de grasas, como padecimiento de las vías biliares o insuficiencia pancreática, enfermedad de Crohn que afecta la parte terminal del ileón. Puede aparecer cirrosis porta y gastrectomía parcial.<sup>7</sup>

Pero la manifestación más reconocible es la ceguera nocturna, hemeralopía o nictalopía. Se caracteriza por la incapacidad en la adaptación

visual en la luz difusa al pasar de la luz brillante a la luz opaca, la persona es incapaz de ver a su alrededor cercano por un gran rato.<sup>8</sup>

Las lesiones en la piel generalmente son: atrofia de las glándulas sudoríparas y sebáceas e hiperqueratinización de los epitelios. La piel toma un aspecto reseco y escamoso; se forman pápulas espinosas en los folículos pilosos, especialmente en la parte anterolateral de los antebrazos, pudiendo extenderse a todo el brazo, pierna, hombros, abdomen bajo, pecho, espalda y caderas. Cada pápula presenta en su cima un tapón queratócico, con frecuentes espinillas, no hay secreción de sudor y la piel no es aceitosa.<sup>9</sup>

La xeroftalmía es una condición resultante de la deficiencia severa de vitamina “A”, su progreso se da por medio de los siguientes pasos: resequedad y pérdida del brillo de la conjuntiva bulbar debido a la disminución o ausencia de secreción lagrimal, extensión de la lesión hasta la córnea, aparecen manchas blancas y espumosas conocidas por manchas de Bitot en la fisura palpebral. La córnea se pone sombría, se pliega, se arruga y pierde su sensibilidad. Al infectarse la córnea se destruyen los tejidos oculares, ocurre la necrosis de la córnea, la cual es llamada queratomalacia.<sup>10</sup>

La deficiencia de vitamina “A”, en muchos casos, puede ser provocada por la deficiencia proteínica simultánea, resultando en la condición conocida como Kwashiorkor.

En los pulmones la deficiencia de vitamina “A” se evidencia en cambios del epitelio broncorrespiratorio desde secreción de moco hasta la queratinización, lo cual generan mayor incidencia de infecciones respiratorias en estado de deficiencia. También hay decremento de la elasticidad de los pulmones y sus tejidos.<sup>11</sup>

En el sistema genitourinario, los cálculos urinarios son manifestaciones concomitantes que se observan a menudo por la deficiencia de dicha vitamina. Las anormalidades de la reproducción comprenden deterioro de la espermatogénesis, degeneración de los testículos, aborto, resorción de fetos y producción de descendencia con malformaciones.

En el sistema gastrointestinal, puede existir reducción del número de células calciformes en la mucosa intestinal, sin embargo no hay indicios de queratinización. Pueden existir alteraciones del epitelio intestinal y metaplasma del epitelio de los conductos pancreáticos. Lo que puede originar diarrea debido a la deficiencia de vitamina “A”.<sup>10</sup>

Las glándulas sudoríparas pueden sufrir atrofia y metaplasma de células escamosas con queratinización. Pueden presentarse alteraciones gustativas, auditivas y del olfato debido al efecto de queratinización.<sup>9</sup>

### 3.3. FORTIFICACIÓN DEL AZÚCAR

El azúcar fue seleccionada en Centro América como el vehículo o alimento a ser fortificado con vitamina “A”, ya que es consumida en cantidades constantes. El consumo promedio de azúcar en Guatemala es de 67.5g/persona/día.<sup>12</sup>

El proceso de fortificación del azúcar se lleva a cabo en dos fases:

#### 3.3.1. Elaboración de la premezcla:

Debido a que la cantidad de vitamina “A” que se agrega al azúcar es tan pequeña, primero se realiza un premezcla; esta facilita la disolución de dicha vitamina en una pequeña cantidad de azúcar. Luego se agrega al lote completo para la fortificación final, obteniendo de esta manera un producto más homogéneo.<sup>4</sup>

La siguiente tabla muestra la composición de la premezcla:

INGREDIENTE	PESO	UNIDADES
Azúcar	76,350.00	Kilogramos
Vitamina “A”	23,030.00	Kilogramos
Aceite de coco	2,000.00	Kilogramos
Antioxidante (Ronaxan A)	8.00	Kilogramos

#### 3.3.2. La fortificación del azúcar:

La premezcla preparada tiene una concentración elevada de vitamina “A” y no es apropiada para el consumo humano. La formulación también está diseñada para proporcionar un exceso teórico del 10%. Esta premezcla

deberá ser agregada al azúcar con una proporción adecuada para el consumo humano (1:1000), de manera que el producto contenga la cantidad seleccionada de 15mg de retinol/kg de azúcar.<sup>13</sup>

Los ingredientes que se utilizan para la fortificación de vitamina “A” son:

3.3.2.1. Retinol: es el compuesto fortificante de azúcar; se encuentra en un microencapsulado fabricado por Hoffman-La Roche y BASF. El prototipo de este compuesto conocido como 250-CWS contiene 250,000 UI de retinol/g (75mg/g) de donde deriva el 250 de su nombre y las siglas CWS significan Cold Water Soluble (soluble en agua fría). El palmitato de retinol está dentro de una matriz de gelatina en combinación con antioxidantes (butil-hidroxi-anisol, BHA y butil-hidroxi-tolueno, BHT) y otras sustancias que los hacen hidrodispersable.

3.3.2.2. Antioxidante: el prototipo utilizado es el Ronoxan-A, producido por Hoffman-La Roche que está compuesto por di- $\alpha$ -tocoferol (50mg/g), palmitato de ascorbilo (2150mg/g) y lecitina (700mg/g). El propósito de esta sustancia es reducir la velocidad de oxidación del aceite vegetal que se utiliza en la preparación de la premezcla. Debe mantenerse refrigerado (menor a 10°C) en el envase original hasta por nueve meses. Una vez abierto el producto debe ser utilizado dentro de un mes.

3.3.2.3. Aceite vegetal: este debe tener el contenido más bajo de peróxidos. El nivel máximo de peróxidos especificado es de 5meq/Kg, lo que debe confirmarse previo a su uso.

3.3.2.4. Nitrógeno: el gas inerte no es en realidad un ingrediente de la premezcla, pero se requiere para reducir la oxidación del aceite vegetal.<sup>4,14</sup>

#### 3.4. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y ESTABILIDAD DEL PALMITATO DE RETINOL EN EL AZÚCAR:

El palmitato de retinol es un compuesto de vitamina “A” encapsulado, seco, sólido y miscible en agua, y producido en forma industrial, que facilitó la creación de la tecnología de fortificación. A pesar de la excelente estabilidad, todavía es sensible al aire, luz, humedad y ácidos; por lo tanto, la manipulación y condiciones de almacenamiento apropiadas de la premezcla y el azúcar fortificada son muy importantes. En la premezcla y durante el proceso de fortificación los datos experimentales indican pérdidas de retinol de entre 10% y 20% durante el procesamiento de fortificación de azúcar, y entre 20% y 40% después de un año de almacenamiento. Estas pérdidas deben ser compensadas agregando una mayor cantidad de retinol de la premezcla al azúcar durante el proceso de fortificación.

El palmitato de retinol es susceptible a la oxidación en presencia de luz natural o artificial. El envasado de la premezcla en bolsas cubiertas con bolsas de polietileno negras reduce la exposición a la luz y la degradación de la vitamina A.

Las gotitas de palmitato de retinol resisten temperaturas de 105°C durante 10 minutos. Esto es importante porque la premezcla se agrega al azúcar antes de que pase por las turbinas de secado, donde las temperaturas son entre 65 y 70°C.

Las pruebas de estabilidad muestran que el azúcar fortificada envasada en bolsas de polietileno para la venta al menudeo, conserva entre el 50% y 70% del nivel inicial de vitamina “A” después de 3 meses de almacenamiento. Se cree que el calor y la humedad, juntos, son más dañinos para el palmitato de retinol que el calor o humedad solos.

La vitamina “A” contenida en el azúcar fortificada permanece estable en los alimentos preparados en el hogar, a pesar de que la humedad, el calor y la acidez reducen su actividad. Cuando se agrega azúcar fortificada a bebidas tales como limonada o naranjada, se conserva entre 60% y 80% de la vitamina “A” después de

dos días. La vitamina “A” es sensible a los ácidos, por lo que se pueden esperar pérdidas cuando entra en contacto con alguno de ellos. Sin embargo, la mayor parte de la vitamina “A” contenida en el azúcar fortificada se puede perder en la fabricación de bebidas gaseosas como consecuencia del uso de carbón activado y tierra de diatomeas para eliminar el color y las impurezas. Por lo tanto, cuando se usa azúcar no refinada en la fabricación de bebidas no alcohólicas se produce la destrucción total de la vitamina. No obstante, si se usa azúcar refinada, se mantienen dos tercios del nivel de retinol original. La estabilidad de la vitamina “A” en alimentos horneados también es buena. La conservación del micronutriente después de hornear el alimento es de alrededor de 80% a 90%.<sup>15</sup>

### 3.5. ACCIONES EMPRENDIDAS

Debido a los resultados de la Encuesta Nutricional Nacional, elaborada en 1965, se determinó que el 26.2% de los niños menores de cinco años presentaban niveles de retinol sérico inferiores a 20ug/dL, lo cual indicó que en Guatemala la hipovitaminosis de vitamina “A” era un problema de salud pública.<sup>16-17</sup>

Ante tal problemática el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá -INCAP- en 1969 desarrolló un programa para corregir y prevenir la hipovitaminosis de vitamina “A”, el cual consistía en fortificar un alimento con dicha vitamina.<sup>18</sup>

Se puede decir que la fortificación es un seguro de salud nutricional ya que su aplicación permite reducir al mínimo la probabilidad estadística de deficiencia de micronutrientes que puedan aparecer debido a circunstancias desfavorables.

La fortificación de alimentos es una forma fácil, segura, económica y efectiva a corto y largo plazo, para solucionar el problema de malnutrición de micronutrientes. Este enfoque también ha demostrado que garantiza la cobertura adecuada de la población objetivo. Además, tiene la ventaja de que puede ser dirigida, cuando sea necesario, a subgrupos de mayor riesgo sin abarcar a la población en general.

Otra ventaja de la fortificación es que esta no requiere variantes importantes en la dieta de los consumidores, debido a que va incorporada a los alimentos de uso cotidiano.

En la fortificación de alimentos interviene tanto el sector privado, que cuenta con recursos tecnológicos y humanos para llevar a cabo la producción del alimento fortificado y su distribución, como el sector oficial; este debería promover la importancia y asegurar la incorporación de los programas de fortificación de alimentos dentro del marco general de promoción de salud; así como el control, supervisión y evaluación de los mismos. Para que esto último se lleve a cabo, se debe contar con un compromiso político para elaborar el proyecto de legislación que oficialice el programa. Dicha legislación define las normas básicas para la ejecución de la fortificación, incluyendo las responsabilidades de los diversos sectores involucrados. Asimismo, debe establecer las consecuencias legales del incumplimiento de las normas. Las normas deben estar contempladas por un reglamento específico que ofrezca, con suficiente detalle, guías para la ejecución correcta de las actividades.<sup>19</sup>

Los aspectos importantes que se debe tomar en cuenta en la fortificación de alimentos, son los siguientes:

- 3.5.1. Vehículo: la selección del alimento que podría servir como vehículo para los micronutrientes se basa en los siguientes criterios:
  - 3.5.1.1. El alimento vehículo deber ser consumido por una proporción considerable de la población, especialmente por los grupos más vulnerables.
  - 3.5.1.2. El consumo *per cápita* debe variar dentro de los límites estrechos, tanto de día a día, como de persona a persona; con lo que se asegura el suministro del nutriente dentro de los márgenes seguros de ingesta.
  - 3.5.1.3. El alimento debe pasar por estaciones centrales de procesamiento o almacenamiento donde el agregado uniforme del micronutriente o mezcla del micronutriente pueda llevarse a cabo bajo las condiciones controladas a un mínimo costo.

3.5.1.4. Las vías de mercadeo y distribución deben permitir una supervisión eficiente de las líneas de entrega del alimento fortificado a los consumidores.<sup>1</sup>

3.5.2. Fortificante: la selección del fortificante se basa en los siguientes aspectos técnicos:

3.5.2.1. Ser miscible o dispersable en el alimento vehículo y no debe separarse o segregarse del mismo.

3.5.2.2. Permanecer indestructible por calor, olor, sabor o cualquier otra característica organoléptica, una vez incorporado al alimento a las concentraciones propuestas.

3.5.2.3. No interactuar químicamente con los componentes del alimento, de tal forma que estas interacciones puedan resultar en la formación de productos indeseables o en el deterioro del original.

3.5.2.4. Ser lo suficiente estable en todo momento para asegurar que su actividad vitamínica y biodisponibilidad biológica se mantenga durante un período de vida de anaquel del alimento fortificado.

3.5.2.5. No elevar significativamente el precio del alimento al consumidor.<sup>1</sup>

La investigación para la fortificación del azúcar con vitamina “A” principio en los años setenta, promovido por el Instituto Nutricional de Centroamérica y Panamá, -INCAP-. El programa fue liderado por el Lic. Guillermo Arroyave con el apoyo del Dr. M. Forman de la United Status Agency For Internacional Development -USAID-. El programa necesito de 10 años de estudios y en el año de 1974 se instituyó la primera ley que permitió el fortalecimiento del azúcar con vitamina “A”.

Desde entonces la USAID por medio del proyecto OMNI (Opportunities for Micronutrient Interventions), ha contribuido a que la fortificación del azúcar sea una realidad y que las condiciones nutricionales de los guatemaltecos esté mejorando a grandes pasos.<sup>1</sup>

Para determinar la calidad y cobertura de los programas de fortificación de alimentos, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social -MSPAS-, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia -UNICEF-, el Instituto Nutricional de Centroamérica y Panamá -INCAP- y la Organización Mundial de la Salud -OMS-, han efectuado desde 1995, la vigilancia de la calidad de azúcar con vitamina “A”, en muestras tomadas en las escuelas oficiales públicas rurales del país. Los resultados de los años 1995 a 1997 aparecen informes patrocinados por la UNICEF titulados “Escuelas Centinelas de Micronutrientes”. En el 2001, la Comisión Nacional para la Fortificación, Enriquecimiento y/o Equiparación de Alimentos -CONAFOR-, junto al INCAP, OMS y UNICEF, publicaron el resumen anual correspondiente al año 2000, año en el cual se logra el financiamiento del Canadá para desarrollar el proyecto destinado a dar permanencia a los programas de alimentos fortificados en Centroamérica. En Guatemala CONAFOR es la institución encargada de coordinar, supervisar y verificar el buen desarrollo de los programas de fortalecimiento de los alimentos con micronutrientes. Esta institución fue creada por el Congreso de la República en 1992 (Decreto No. 44-92) y está integrada por representantes del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Ministerio de Gobernación, Ministerio de Finanzas, Ministerio de Economía y del Ministerio de Agricultura, así como representantes de las asociaciones o gremiales de los alimentos obligados a ser fortificados y de la Asociación Liga del Consumidor -LIDECOM-. También cuentan con la asesoría de un representante de la USAC, UNICEF, INCAP y OPS, así como la colaboración del Comité Pro-ciegos y Sordos de Guatemala. Desde la creación de la CONAFOR se ha reunido sistemáticamente y continuamente contribuyendo a la defensa, divulgación y búsqueda de la calidad de los programas de fortificación de alimentos.<sup>20</sup>

Entre los años de 2002 – 2003 se propone integrar la comisión de seguimiento para el buen desarrollo del programa de Fortificación de azúcar con vitamina “A”.

El laboratorio de referencia primaria para la industria azucarera es el laboratorio del INCAP. Esta Comisión será coordinada por la Gerencia de la Asociación de Azucareros de Guatemala -AZASGUA- y deberán reunirse por lo

menos una vez al mes durante el período de zafra, con el fin de verificar los niveles de fortificación de vitamina “A” en el azúcar. Esta Comisión se integra por un representante de: Gerencia de AZASGUA, Inspección de Ingenios, Comercializadoras, Jefes de Laboratorios, Jefes de Fábrica, Expogranal y del Centro de Investigación y Capacitación de Caña de Azúcar -CENGICAÑA-. Todos los informes analíticos obtenidos y reportados por los laboratorios de los ingenios y del INCAP, deben entregarse a la Junta Directiva de la Asociación.<sup>21</sup>

### 3.6. FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS CON VITAMINA “A”

Esta intervención se basa en el agregado de vitamina “A” al azúcar. Su aplicación se justifica cuando se busca una amplia cobertura, lo cual implica que la deficiencia es extensa y no limitada a grupos o localidades aisladas. Por lo tanto, debe haber evidencia de que la magnitud de la deficiencia es un problema de salud pública. Esta amplia cobertura permite que la probabilidad de favorecer a todo los grupos en riesgo sea alta, independientemente de la edad, nivel socioeconómico o región geográfica, su cobertura puede ser de todo un país o región.<sup>22</sup>

Se pusieron en práctica cuatro estrategias encaminadas a superar la malnutrición por deficiencia de micronutrientes, las cuales son: la diversificación de la dieta con una mayor producción, consumo de alimentos ricos en micronutrientes, la administración profiláctica de suplementos y medidas mundiales para velar por la salud pública y otras medidas de control de enfermedades. Sin embargo las estrategias quedaron reducidas a las primeras dos, ya sea consumiendo alimentos ricos en micronutrientes o la diversificación de la dieta. En la práctica la vitamina “A” puede administrarse de diferentes maneras, pero la forma más fácil es mediante la fortificación de los alimentos, la administración de suplementos o la diversificación de la dieta. La fortificación de alimentos se puede realizar a uno o varios alimentos de consumo masivo. Esta estrategia se justifica por el objetivo de alcanzar una cobertura general. Esta cobertura generalizada aumenta la probabilidad de que los alimentos ricos en micronutrientes lleguen a los grupos en riesgo, independientemente de la edad, sexo, situación socioeconómica, ubicación geográfica o raza.<sup>23</sup>

Los programas de fortificación requieren de una planificación rigurosa tanto como para seleccionar el vehículo alimentario como los suplementos apropiados, con el fin de aumentar la ingesta de micronutrientes en la población blanco.

La elaboración de una estrategia de fortificación de los alimentos incluye las siguientes etapas:

- 2.5.1 Determinar la necesidad de micronutrientes de la población y definir la población objetivo.
- 2.5.2 Identificar las normas de consumo de los alimentos que podrían servir como posibles vehículos entre grupos objetivos clave.
- 2.5.3 Seleccionar un vehículo alimentario y un fortificador apropiado.
- 2.5.4 Definir niveles de responsabilidad.
- 2.5.5 Establecer, reorganizar o mejorar la infraestructura
- 2.5.6 Determinar la estabilidad y aceptabilidad del vehículo fortificado y evaluar la biodisponibilidad del micronutriente contenido en el vehículo, en el entorno alimenticio apropiado.
- 2.5.7 Vigilar el proceso.
- 2.5.8 Evaluar el efecto.

El primer paso de un programa de fortificación de alimentos es la selección de los alimentos que puedan servir de vehículo para el micronutriente. La premisa básica del programa debe ser que el vehículo alimentario sea un componente integral del régimen alimentario de la población en general. En los países en desarrollo, en especial al grupo de bajo nivel socioeconómico, el régimen alimentario suele ser muy reducido, por lo que es importante investigar a fondo y seleccionar adecuadamente el vehículo.

Al seleccionar el vehículo se procede a identificar el suplemento apropiado y por último, se elabora el producto fortificado. Al poseer el producto fortificado este debe ser sometido a ensayos y análisis de calidad, con el fin de comprobar su eficacia, con lo cual se estaría cumpliendo con el objetivo del Programa de Fortificación de alimentos, el cual es asegurar que al momento de consumo, el vehículo alimentario contenga la cantidad específica y necesaria del nutriente.<sup>24, 25</sup>

Pero no solo, el alimento fortificado debe cumplir con las especificaciones fisicoquímicas, el empaque debe cumplir con los requerimientos establecidos, debido a que si no se cumple con alguno de estos requerimientos la tasa de retención del micronutriente en el alimento puede variar considerablemente.

La fortificación debe realizarse en cada país en donde se va a consumir el alimento. El suplemento puede perderse inevitablemente en la producción y el consumo. Por lo tanto cada país debe establecer los niveles necesarios de micronutrientes en las diferentes etapas del sistema de distribución, teniendo en cuenta el tipo de envase, el clima y el consumo alimentario diario.

La elaboración y la puesta en práctica de un sistema de garantía de calidad es esencial para asegurar la eficacia sostenida de un programa de fortificación. El sistema debe garantizar que los alimentos se fortifiquen adecuadamente en la etapa de producción y que lleguen al consumidor con los niveles necesarios.<sup>26</sup>

### 3.7. HISTORIA DE LA FORTIFICACIÓN DE AZÚCAR EN GUATEMALA Y ASPECTOS LEGISLATIVOS:

La fortificación del azúcar inicia en los años 60's cuando la Encuesta Nutricional Nacional demostró que los niveles séricos de vitamina "A" eran insuficientes. Después de casi 10 años de estudio del Programa de Fortificación de azúcar con vitamina "A", implementada por el INCAP y liderada por el Lic. Guillermo Arroyave, se demostró ante el Congreso de la Nación la importancia de establecer o emitir una ley sobre la fortificación del azúcar con vitamina "A".<sup>1</sup> Sin embargo después de trámites no faltos de dificultades se aprobó la ley el 11 de junio de 1974, quedando establecido en el Decreto Legislativo No. 56-74. La operación de tal ley fue puesta en marcha a partir de 1975, con base en el reglamento Acuerdo Gubernativo 105-74. Sin embargo tuvo pocos años de duración debido a la crisis económica que redujo las facilidades del intercambio comercial con el exterior, lo que limitó la importación de los insumos necesarios.<sup>27</sup>

Luego se reinició el programa en la zafra de 1986-1987, y el sector azucarero decide apoyar firmemente el programa de fortificación. Durante la zafra de 1986-1987 se logra fortificar al 60% del producto nacional, pero a partir de la zafra de

1988-1989 se alcanza la fortificación total del azúcar de consumo interno, situación que se ha mantenido hasta la fecha.<sup>3</sup>

En 1991, se realiza un estudio en el cual el Laboratorio Nacional de Salud –LNS- tomó 150 muestras de tiendas y hogares de diferentes departamentos del país. Las muestras fueron separadas en dos grupos y un grupo fue analizado por el LNS y el otro grupo de muestras las analizaron en el Laboratorio del INCAP. Los resultados obtenidos mostraron que la mayoría de las muestras que llegan al consumidor no poseen las concentraciones necesarias de vitamina “A” y otras en el peor de los casos que no poseen dicha vitamina. Por lo que se realizaron varios estudios a partir de tales resultados.<sup>28</sup>

En 1992 se integraron todas las leyes de fortificación de alimentos en una sola ley Decreto Legislativo 44-92 celebrado el 23 de julio de dicho año, los detalles de la fortificación del azúcar quedaron plasmados en el Acuerdo gubernativo No. 497-93 celebrado el 24 de septiembre de 1993 y modificado posteriormente en el Acuerdo Gubernativo No. 750-93 celebrado el 14 de diciembre de 1993, que se refiere al Reglamento de la Fortificación de Azúcar con Vitamina “A”. En estos documentos se establece la fortificación de toda azúcar de consumo interno en Guatemala, indistintamente de la calidad y uso, con un compuesto seco e hidrodispersable de retinol. Se estipula que, en el momento de la producción, el azúcar debe tener un contenido promedio de retinol de 15mg/kg, con un rango máximo de 20mg/kg y un rango mínimo de 10mg/kg. Esto quiere decir que el azúcar que se consume en los hogares debe contener 5mg/kg ó más de retinol para cumplir con esta ley.<sup>27</sup>

Con el fin de subsanar la falta en el cumplimiento del Programa de Fortificación de Azúcar y promover su permanencia y mejoramiento, el INCAP/OPS promovió el establecimiento de un Sistema Integrado de Garantía de Calidad. Este Sistema tiene como fin tres objetivos: el control de calidad de los productores, la inspección por la unidad de Control de Alimentos del MSPAS y la vigilancia del producto a nivel del consumidor. Por medio de estos tres objetivos, pero en especial del último se puede establecer el logro alcanzado.<sup>22,26</sup>

En el año 1996 el Departamento de Regulación y Control de Alimentos realizó una inspección de azúcar en los expendios. Se colectaron 112 muestras, del total de las muestras el 82% cumplen con los niveles que establece la norma (mayor o igual 5mg/kg). El promedio obtenido fue de 11.1mg/kg. La Liga del Consumidor, realiza ese mismo año un estudio en expendios, la muestra colectada fue de 264 muestras. El 82% de las muestra cumplieron con el mínimo estipulado y el 90% demostró la presencia del nutriente en concentraciones biológicamente importantes. El promedio de vitamina “A” en las muestras fue de 9.3mg/kg, lo que confirma que el programa esta cumpliendo las expectativas de llevar el producto fortificado a la población.

En el año 2000, se realizan modificaciones con respecto al requerimiento de la fortificación de azúcar importada. Esto queda plasmado en el Acuerdo Gubernativo 021-2000 celebrado el 7 de enero de 2000.<sup>27</sup>

En el año 2001, se realiza otro estudio en donde se evidencia que el 77% de los hogares guatemaltecos reciben azúcar fortificada con valores o concentraciones de vitamina “A” superiores a 3.5mg/kg. El 33% que no cumple con los requerimientos necesarios de fortificación son los Departamento del El Progreso, Chiquimula, Zacapa e Izabal.<sup>24</sup>

Sin embargo, Jordán Chiguá, Isalia Carolina, en su trabajo de tesis Ad Gradum “Determinación de vitamina “A” en azúcar que se expende en el departamento de Chiquimula”, presentada en Abril del 2004, determinó que por medio del método por extracción de hexano el azúcar analizada de los 11 municipios del Departamento de Chiquimula cumplen con los niveles de vitamina “A”, establecidos por la Ley de Fortificación de Azúcar.

Con base en los resultados obtenidos de los diferentes estudios se puede decir que a nivel nacional, el Programa de Fortificación de Azúcar está cerca de alcanzar su meta. Al cumplir casi en su totalidad sus objetivos, el Programa de Fortificación de Azúcar es uno de los programas más exitosos de la salud pública de Guatemala. Sin embargo aún debe evaluarse el azúcar comercializada en los Departamentos de El Progreso, Izabal y Zacapa.<sup>29</sup>

### 3.8. DETERMINACIÓN DE RETINOL EN AZÚCAR FORTIFICADA POR ESPECTROFOTOMETRÍA

Este método es una adaptación del método propuesto por Arroyave y Funes en 1974. Este procedimiento utiliza de 5 a 10 veces menos reactivos que el original, tiene una exactitud y recuperación semejante y su precisión, aunque un poco menor, es muy satisfactoria. Este método consiste en la extracción de palmitato de retinol en hexano. La concentración de retinol es determinada por su absorbancia a 325nm.<sup>3, 30</sup> El método usualmente no requiere la destrucción del retinol por irradiación con luz ultravioleta, porque la absorbancia a 325nm del extracto orgánico es debida esencialmente al retinol presente en el azúcar.<sup>31</sup>

Además en el estudio realizado por Ramos Castellanos, Tenea Rubí, en Septiembre 1994, titulado “Comparación de tres métodos analíticos para cuantificar vitamina “A” en azúcar fortificada”, evaluó tres métodos para el análisis de vitamina “A” en azúcar fortificada por comparación contra un método de referencia (HPLC), determinando que los métodos de extracción con hexano y el colorimétrico son precisos y confiables para cuantificar la vitamina “A” en azúcar fortificada.<sup>28</sup>

#### 4. JUSTIFICACIÓN

La vitamina “A”, es un factor esencial y fundamentalmente necesario para el desarrollo normal del organismo. Por lo tanto la deficiencia de dicha vitamina conlleva riesgos para la salud de la población y en especial en la población infantil. En el año 1974 se aprueba y promueve la fortificación de azúcar con vitamina “A”, como estrategia encaminada a corregir y prevenir la ceguera.

En el año de 2001, el INCAP, realizó un estudio en donde se pudo evidenciar que en los departamentos de Izabal, Chiquimula, Zacapa y el Progreso, los consumidores reciben azúcar con niveles de vitamina “A” inferiores a 5mg/kg, con lo cual se determinó que el 34% de esta población recibe azúcar sin fortificación.

El Departamento de Registro y Control de Medicamentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social es el ente encargado de velar que el azúcar que consume la población guatemalteca contenga los niveles de vitamina “A” establecidos por la Ley de Fortificación de Azúcar con vitamina “A”, Acuerdo Gubernativo 44-92.

Debido a que en Guatemala no existe un monitoreo permanente que asegure que todos los productos que llegan al consumidor cumplan con las especificaciones requeridas, se hace necesario evaluar si en el departamento de El Progreso los niveles de vitamina “A” en el azúcar cumplen con las especificaciones establecidas en el Acuerdo Gubernativo 021-2000, en donde indica que el valor de vitamina “A” contenido en el azúcar al momento de la producción debe ser de un máximo de 20mg/kg y un mínimo de 10mg/kg y debe mantener un mínimo de 5mg/kg de retinol durante toda su vida de comercialización.

La Vitamina “A” en el azúcar posee una vida media de 6 meses cuando esta es almacenada adecuadamente; ya que ésta se degradada fácilmente cuando el azúcar fortificada se encuentra expuesta a la luz solar y a temperaturas arriba de los 28°C y siendo El Progreso uno de los departamentos más calurosos y áridos de Guatemala, se espera que la concentración de vitamina “A” sea menor a la indicada en las especificaciones.

Desde el punto de vista de salud pública, si el azúcar en los hogares contiene 5mg/kg o más de retinol significa que es una fuente importante de vitamina “A” en la dieta y que se está contribuyendo a eliminar la deficiencia de esta vitamina.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la presencia de vitamina “A” en muestras de azúcar provenientes del departamento de El Progreso, vendidas al menudeo y almacenadas en lugares o áreas con exposición directa o indirecta a la luz solar y al calor.

### 5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 5.2.1. Verificar que el azúcar que consumen los pobladores de los ocho municipios de El Progreso cumplen con el contenido de vitamina “A”, exigido por las autoridades de salud.
- 5.2.2. Contribuir con el Departamento de Registro y Control de Alimentos en la verificación del cumplimiento de la fortificación del azúcar con vitamina “A”.

## 6. HIPÓTESIS

El azúcar que se expende al menudeo en el departamento de El Progreso, cumple con los requerimientos de calidad y con los niveles de vitamina “A” que establece la ley en el Programa de Fortificación del Azúcar, según Acuerdo Gubernativo No. 021-2000 del Congreso de la República, a pesar de ser almacenadas en áreas con exposición al calor y luz solar.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1. UNIVERSO DE TRABAJO

#### 7.1.1. UNIVERSO:

7.1.1.1. Azúcar que se consume en el departamento de El Progreso.

#### 7.1.2. MUESTRA:

7.1.2.1. Azúcar que se expende al menudeo que se encuentre expuesta al calor y directa o indirectamente a la luz solar en los ocho municipios del departamento de El Progreso.

### 7.2. RECURSOS

#### 7.2.1. RECURSOS HUMANOS

7.2.1.1. Autora: Claudia del Carmen Cadenas Jáuregui

7.2.1.2. Asesora: Licda. Julia Amparo García Bolaños

7.2.1.3. Revisora: Licda. Aylin Santizo Juárez

#### 7.2.2. MATERIALES

##### 7.2.2.1. EQUIPO

7.2.2.1.1. Balanza analítica con precisión de 0.0001g

7.2.2.1.2. Espectrofotómetro UV/VIS con celdas de cuarzo

7.2.2.1.3. Rotavapor

##### 7.2.2.2. CRISTALERÍA

7.2.2.2.1. Balones volumétricos o probetas de 100 mL

7.2.2.2.2. Baño de agua (50-60°C)

7.2.2.2.3. Bulbos de aspiración para pipetas Pasteur y pipetas serológicas

7.2.2.2.4. Espátulas para pesar

7.2.2.2.5. Pipetas serológicas graduadas

7.2.2.2.6. Pipetas pasteur

7.2.2.2.7. Pipetas volumétricas

- 7.2.2.2.8. Varillas de vidrio
- 7.2.2.2.9. Vasos de precipitar (beacker) 250mL
- 7.2.2.2.10. Tubos de ensayo 20mL (tapón esmerilado o de rosca).

#### 7.2.2.3. MATERIALES:

- 7.2.2.3.1. Guantes quirúrgicos
- 7.2.2.3.2. Cofia
- 7.2.2.3.3. Mascarilla
- 7.2.2.3.4. Bolsas de nylon

#### 7.2.2.4. REACTIVOS:

- 7.2.2.4.1. Etanol absoluto p.a. ( $C_2H_5OH$ ), pureza: 99.8%, PM: 46.07g/mol y d: 0.79g/mL.
- 7.2.2.4.2. Hexano p.a. ( $C_6H_{14}$ ), pureza: 99%, PM: 86.18g/mol y d: 0.66g/mL.
- 7.2.2.4.3. Hidróxido de sodio 0.1N. Disuelva 4g de hidróxido de sodio ((NaOH), pureza: 97.8%, PM: 40.0g/mol en 1 litro de agua destilada. Guardar en una botella de polietileno o polipropileno.

#### 7.2.3. RECURSOS INSTITUCIONALES

- 7.2.3.1. Biblioteca del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP-.
- 7.2.3.2. Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 7.2.3.3. Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 7.2.3.4. Biblioteca de la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala -ATAGUA-.

7.2.3.5. Departamento de Análisis Aplicado de la Escuela de Química Farmacéutica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

7.2.3.6. Laboratorio de Producción de Medicamentos -LAPROMED- de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

7.2.3.7. Hemeroteca de la Tipografía Nacional del Guatemala.

### 7.3. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA:

7.3.1. Homogenizar la muestra de azúcar mezclándola varias veces.

7.3.2. Pesar aproximadamente 20.0g de azúcar, registrando el peso exacto en miligramos y disolver con 60-80mL de NaOH 0.1N en un vaso de precipitar de 250mL. Mezclar con una varilla de vidrio para disolver completamente.

7.3.3. Incubar en baño de agua a 50-60°C por 15 minutos. Dejar reposar a temperatura ambiente hasta que las soluciones se enfríen. Transferir cuantitativamente a un balón volumétrico de 100mL. Lavar varias veces el vaso de precipitar con pequeñas porciones de NaOH 0.1N y transferir los lavados al balón. Aforar con NaOH 0.1N y mezclar.

7.3.4. Transferir 4mL de la solución preparada en el paso 7.3.3. a cada uno de los tres tubos de vidrio de 20mL (con tapón de rosca o esmerilado) con el propósito de analizar cada solución por triplicado. Preparar en triplicado un blanco de reactivos solamente con NaOH 0.1N y someterlo a mismo tratamiento que las muestras.

7.3.5. Agregar 4mL de etanol absoluto a cada tubo. Mezclar en el agitador tipo Vortex por 5 segundos.

7.3.6. Medir 5mL de hexano y agregar a cada uno de los tubos del paso anterior.

7.3.7. Tapar cada tubo inmediatamente y agitar con suficiente intensidad en el agitador tipo vortex por 30 segundos, para asegurar la extracción completa del palmitato de retinol. Destapar ligeramente los tubos para aliviar la presión de los gases.

7.3.8. Permitir la separación de fases. La fase orgánica es la superior.

7.3.9. A la mayor brevedad posible transferir con una pipeta pasteur la fase orgánica a una celda del espectrofotómetro de 1cm de paso de luz y leer su absorbancia a 325nm. Ajustar el cero del instrumento con el hexano antes de cada lectura.

7.3.10. Calcular la concentración de palmitato de retinol y retinol en las muestras por medio de las siguientes ecuaciones

$$\text{Palmitato de retinol (mg/g)} = \frac{Abs_{\text{corregida}}}{\epsilon} \times \frac{Vh}{Vaz} \times \frac{Vi}{P} \times FC_{\text{esp}}$$

$$\text{Retinol (mg/g)} = \text{mg/g Palmitato de retinol} \times \frac{PM_{\text{retinol}}}{PM_{\text{palmitato retinol}}}$$

Donde  $Abs_{\text{corregida}} = Abs_{\text{muestra}} - Abs_{\text{blanco}}$

$Abs_{\text{blanco}}$  = promedio de tres lecturas (debería ser menor de 0.050).

$\epsilon$  = coeficiente de absortividad del palmitato de retinol en hexano ( $\mu\text{g}^{-1}$ ,  $\text{cm}^{-1}$  o ml) y ese valor es 0.092

$Vh$  = volumen de la fase orgánica (5mL)

$Vaz$  = volumen de la alícuota analizada de la solución de azúcar (4 mL)

$Vi$  = volumen de la solución inicial de la muestra (100mL)

$P$  = peso de la muestra en gramos

$FC_{\text{esp}}$  = factor de corrección del espectrofotómetro idealmente (1.000)

$PM_{\text{retinol}}$  = peso molecular del retinol (286.46g/mol)

$PM_{\text{palmitato de retinol}}$  = peso molecular del palmitato de retinol (524.84 g/mol)

#### 7.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

##### 7.4.1. FORMA DE MUESTREO:

Según el Directorio Nacional de Empresas y Locales -DINEL-, el Departamento de El Progreso cuenta con más de 900 establecimientos en donde se expenden artículos de la canasta básica, por lo tanto la forma de muestreo fue aleatoria, tomando en cuenta que el azúcar se expendiera al

menudeo y se encontrara almacenada en un área en donde estuviera expuesta directa e indirectamente a la luz solar y al calor.

#### 7.4.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Al azar se seleccionaron 3 locales por municipio (número establecido por conveniencia) en donde se encontró almacenada el azúcar expuesta directa e indirectamente a la luz solar y a temperaturas mayores a los 28°C. En cada local, se compró 1 libra (unidad muestral), teniendo un total de 24 muestras que se analizaron por triplicado.

#### 7.4.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El análisis realizado es descriptivo y se determinó:

- 7.4.3.1. El promedio y la desviación estándar de la concentración de vitamina “A” (retinol) encontrada por municipio y por departamento.
- 7.4.3.2. La frecuencia y frecuencia absoluta del cumplimiento o no del Acuerdo Gubernativo sobre la cantidad de vitamina “A” (Retinol) que debe tener el azúcar.
- 7.4.3.3. t de Student, para comparar 2 medias poblacionales independientes (muestra expuestas a la luz solar y muestras indirectamente expuestas a la luz solar) y establecer si hay diferencia entre dichas variables.

## 8. RESULTADOS

Tabla No. 1. Condiciones de almacenamiento y muestreo

Municipio	Mx.	Exposición Luz Solar	Temp. °C	Fecha de expiración	No. Lote	Empresa Fortificadora
San Antonio La Paz	A1	Indirecta	29	12 / 2008	A1244 808	1
	A2	Directa	30	12 / 2008	A1242 A08	1
	A3	Indirecta	30	12 / 2008	A1330 808	1
Sanarate	B1	Directa	34	12 / 2008	A1323 908	1
	B2	Directa	35	12 / 2008	A1242 708	1
	B3	Directa	34	01 / 2009	A1325 608	2
Sansare	C1	Indirecta	34	01 / 2009	A1244 908	2
	C2	Directa	34	01 / 2009	A1244 908	2
	C3	Indirecta	33	12 / 2008	N1150 A08	1
Guastatoya	D1	Directa	36	12 / 2008	F1151 B08	1
	D2	Indirecta	38	01 / 2009	A1324 908	2
	D3	Directa	37	12 / 2008	A1243 808	1
El Jícaro	E1	Indirecta	36	12 / 2008	N1227 808	2
	E2	Directa	36	01 / 2009	M1231 C08	2
	E3	Indirecta	36	12 / 2008	M1214 608	2
San Cristóbal Acasaguastlán	F1	Directa	38	01 / 2009	F1249 B08	1
	F2	Indirecta	39	01 / 2009	M1320 B08	2
	F3	Directa	38	01 / 2009	M1320 B08	2
San Agustín Acasaguastlán	G1	Directa	37	01 / 2009	N1212 708	2
	G2	Directa	36	01 / 2009	G1228 608	2
	G3	Indirecta	36	07 / 2008	D1A45 C07	2
Morazán	H1	Directa	37	12 / 2008	M1222 A08	1
	H2	Indirecta	37	01 / 2009	F1128 708	2
	H3	Indirecta	38	12 / 2008	F12448 608	1
Estándar	0	Concentración de 92.86%				

Tabla No. 2. Concentraciones de palmitato de retinol y retinol por muestra

Municipio	Mx.	*1 Palmitato de retinol (mg/kg) por muestra	*1 Media Retinol (mg/kg) por muestra	Desviación estándar retinol	*2 Valor legal mg/kg	Dictamen por muestra
San Antonio La Paz	A1	10.4587	5.7105	0.08	>5.0000	Cumple
	A2	4.5726	2.4966	0.08	>5.0000	No Cumple
	A3	14.4450	7.8870	0.06	>5.0000	Cumple
Sanarate	B1	5.2075	2.8433	0.05	>5.0000	No Cumple
	B2	0.8603	0.4697	0.05	>5.0000	No Cumple
	B3	5.8179	3.1766	0.02	>5.0000	No Cumple
Sansare	C1	14.6441	7.9957	0.05	>5.0000	Cumple
	C2	7.1987	3.8933	0.08	>5.0000	No Cumple
	C3	9.4178	5.1421	0.05	>5.0000	Cumple
Guastatoya	D1	7.2213	3.9429	0.02	>5.0000	No Cumple
	D2	14.8071	8.8470	0.03	>5.0000	Cumple
	D3	2.0597	1.1246	0.06	>5.0000	No Cumple
El Jícaro	E1	16.5942	9.0605	0.06	>5.0000	Cumple
	E2	1.9015	1.0382	0.06	>5.0000	No Cumple
	E3	9.7329	5.3142	0.02	>5.0000	Cumple
San Cristóbal Acasaguastlán	F1	6.5642	3.5841	0.02	>5.0000	No Cumple
	F2	7.5830	4.1407	0.05	>5.0000	No Cumple
	F3	3.9838	2.1752	0.03	>5.0000	No Cumple
San Agustín Acasaguastlán	G1	4.8223	2.6329	0.03	>5.0000	No Cumple
	G2	1.6298	0.8899	0.05	>5.0000	No Cumple
	G3	1.7884	0.9394	0.02	>5.0000	No Cumple
Morazán	H1	5.9030	3.2379	0.02	>5.0000	No Cumple
	H2	1.6296	0.8898	0.05	>5.0000	No Cumple
	H3	18.2905	9.9867	0.06	>5.0000	Cumple
Estándar	0	17.0134	9.2860	0.00	>5.0000	Cumple

\*1 = las concentraciones de palmitato de retinol y retinol se obtuvieron por medio de la fórmulas descritas en el punto 7.3.10

\*2 = Este dato se tomó en base al acuerdo gubernativo No. 021-2000, capítulo I, artículo 2 del Reglamento de fortificación de azúcar con vitamina A, del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Tabla No. 3. Relación de la concentración de retinol con condiciones de almacenamiento.

Municipio	Mx.	Exposición Luz Solar	Temp. °C	Media Retinol (mg/kg) por muestra	Dictamen por muestra valor legal >5.0000 mg/kg	Fecha de expiración	Fortificadora
San Antonio La Paz	A1	Indirecta	29	5.7105	Cumple	12 / 2008	1
	A2	Directa	30	2.4966	No Cumple	12 / 2008	1
	A3	Indirecta	30	7.8870	Cumple	12 / 2008	1
Sanarate	B1	Directa	34	2.8433	No Cumple	12 / 2008	1
	B2	Directa	35	0.4697	No Cumple	12 / 2008	1
	B3	Directa	34	3.1766	No Cumple	01 / 2009	2
Sansare	C1	Indirecta	34	7.9957	Cumple	01 / 2009	2
	C2	Directa	34	3.8933	No Cumple	01 / 2009	2
	C3	Indirecta	33	5.1421	Cumple	12 / 2008	1
Guastatoya	D1	Directa	36	3.9429	No Cumple	12 / 2008	1
	D2	Indirecta	38	8.8470	Cumple	01 / 2009	2
	D3	Directa	37	1.1246	No Cumple	12 / 2008	1
El Jícaro	E1	Indirecta	36	9.0605	Cumple	12 / 2008	2
	E2	Directa	36	1.0382	No Cumple	01 / 2009	2
	E3	Indirecta	36	5.3142	Cumple	12 / 2008	2
San Cristóbal Acasaguastlán	F1	Directa	38	3.5841	No Cumple	01 / 2009	1
	F2	Indirecta	39	4.1407	No Cumple	01 / 2009	2
	F3	Directa	38	2.1752	No Cumple	01 / 2009	2
San Agustín Acasaguastlán	G1	Directa	37	2.6329	No Cumple	01 / 2009	2
	G2	Directa	36	0.8899	No Cumple	01 / 2009	2
	G3	Indirecta	36	0.9394	No Cumple	07 / 2008	2
Morazán	H1	Directa	37	3.2379	No Cumple	12 / 2008	1
	H2	Indirecta	37	0.8898	No Cumple	01 / 2009	2
	H3	Indirecta	38	9.9867	Cumple	12 / 2008	1

Se ha determinado que todas las muestras que estuvieron expuestas a la luz solar no cumplen con la concentración establecida en el Acuerdo Gubernativo No. 021-2000. Para comparar dos medias poblacionales independientes y verificar si hay diferencia entre las dos variables estudiadas (exposición directa y exposición indirecta), se realiza el análisis estadístico de la t de student. Para ello se establecieron dos hipótesis:

- Ho: la exposición directa a la luz solar, no afecta la concentración de vitamina “A” en el azúcar analizada. Ho:  $\mu_d = \mu_i$  (d: directa e i: indirecta)
- Ha: la exposición directa a la luz solar, disminuye la concentración de vitamina “A” en el azúcar analizada. Ha:  $\mu_d < \mu_i$  (d: directa e i: indirecta) (Hipótesis unilateral o de una cola)

Tabla No.4 Datos obtenidos para el análisis de la t de student para dos variables independientes.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	<i>Directa</i>	<i>Indirecta</i>
Media	2.435713333	7.4929625
Varianza	1.600542813	3.481151674
Observaciones	15	8
Desviación	1.265125611	1.865784466
Varianza agrupada	2.227412433	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	21	
Estadístico t	-7.739996009	
P(T<=t) una cola	6.96466e <sup>-08</sup>	
Valor crítico de t (una cola)	1.720742871	

Como el dato de t obtenido es de -7.7399, la hipótesis Ho se rechaza y se acepta la hipótesis Ha, que nos indica que la luz solar directa sobre el azúcar, disminuye la concentración de vitamina “A”. Para establecer si hay diferencia significativa entre ambas variables se estudió el dato P (p value). Según la bibliografía estudiada si el valor  $P < 0.05$ , hay una diferencia significativa entre variables, pero si el valor  $P > 0.005$ , las variables no presentan diferencia significativa. Según los datos obtenidos el valor de P es de  $6.96466e^{-08}$ , por lo tanto en este caso P es menor a 0.05, lo que indica que si hay diferencia significativa entre las dos variables. Además se analizan las muestras por box plots, con el fin de rectificar que las variables cuentan con una diferencia significativa. Los datos obtenidos que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla No. 5 Datos obtenidos para el análisis por Box Plots

	Directa	Indirecta
Núm. de valores utilizados	15	8
Núm. de valores ignorados	0	7
Núm. de val. min.	1	1
% de val. min.	6.667	12.500
Mínimo	0.470	5.142
Primer cuartil	1.038	5.512
Mediana	2.633	7.941
Tercer cuartil	3.584	8.954
Máximo	4.141	9.987
Rango	3.671	4.845
Suma	36.536	59.944
Media	2.436	7.493
Media geométrica	2.031	7.279
Media armónica	1.583	7.060
Curtosis (Pearson)	-1.601	-1.852
Asimetría (Pearson)	-0.197	-0.134
Curtosis	-1.464	-1.750
Asimetría	-0.244	-0.204
CV (desviación típica/media)	0.519	0.249
Varianza de muestra	1.494	3.046
Varianza estimada	1.601	3.481
Desviación típica de muestra	1.222	1.745
Desviación típica estimada	1.265	1.866
Desviación típica media	1.070	1.578
Desviación absoluta mediana	1.260	1.582
Desviación típica de la media	0.327	0.660
Límite inf. IC de la media	1.735	5.932
Límite sup. IC de la media	3.136	9.054

Gráfica No. 1. Box Plots de las dos variables independientes

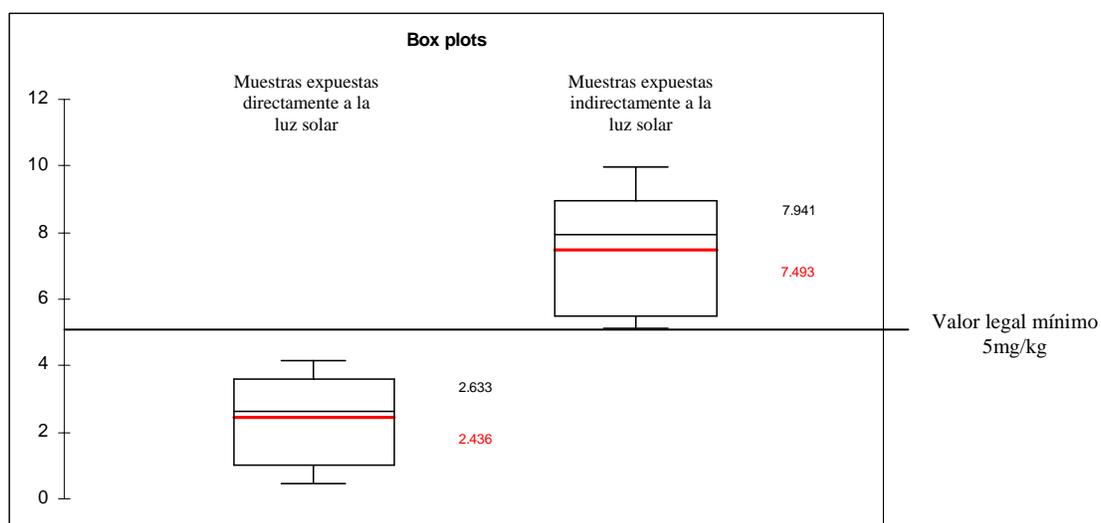
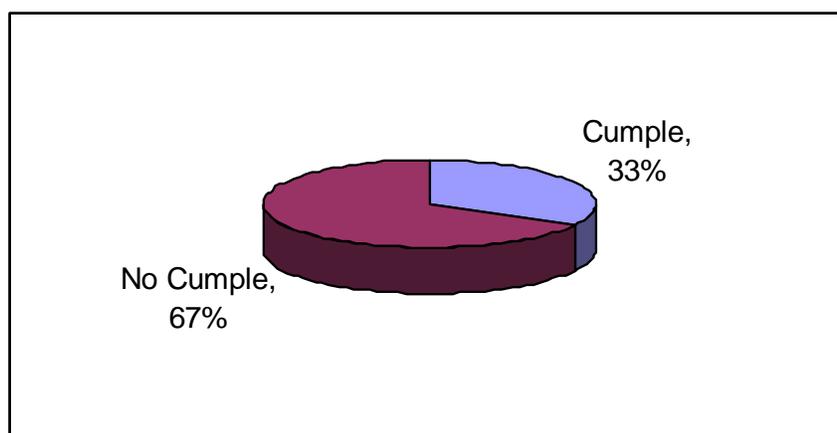


Tabla No. 6. Cumplimiento de la concentración de retinol en azúcar por municipio

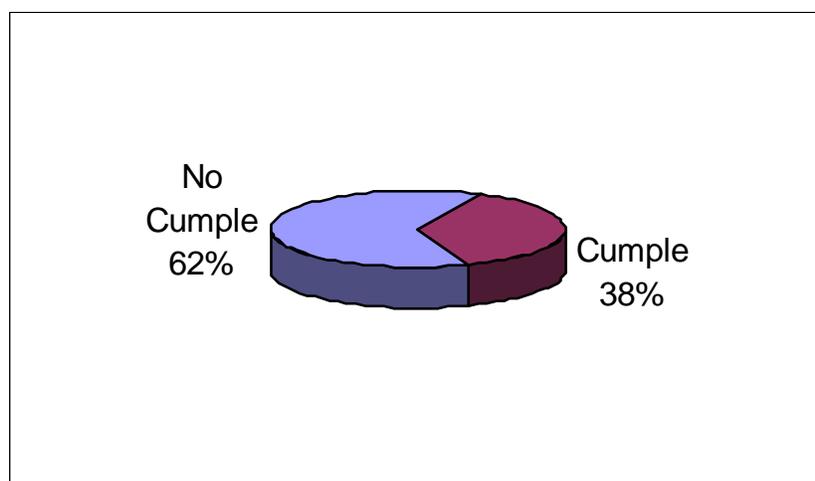
Municipio	Mx.	Retinol obtenido por muestra (mg/kg)	Media de retinol obtenido de las muestras	Desviación estándar retinol	Valor legal	Dictamen
San Antonio La Paz	A1	5.7105	5.3647	2.2	>5.0000 mg/kg	Cumple
	A2	2.4966				
	A3	7.8870				
Sanarate	B1	2.8433	2.1632	1.2	>5.0000 mg/kg	No Cumple
	B2	0.4697				
	B3	3.1766				
Sansare	C1	7.9957	5.6770	1.7	>5.0000 mg/kg	Cumple
	C2	3.8933				
	C3	5.1421				
Guastatoya	D1	3.9429	4.6382	3.1	>5.0000 mg/kg	No Cumple
	D2	8.8470				
	D3	1.1246				
El Jícaro	E1	9.0605	5.1376	3.2	>5.0000 mg/kg	Cumple
	E2	1.0382				
	E3	5.3142				
San Cristóbal Acasaguastlán	F1	3.5841	3.3000	0.8	>5.0000 mg/kg	No Cumple
	F2	4.1407				
	F3	2.1752				
San Agustín Acasaguastlán	G1	2.6329	1.4874	0.8	>5.0000 mg/kg	No Cumple
	G2	0.8899				
	G3	0.9394				
Morazán	H1	3.2379	4.7048	3.8	>5.0000 mg/kg	No cumple
	H2	0.8898				
	H3	9.9867				

Gráfica No. 2 Porcentaje del cumplimiento de la concentración de retinol por muestras



De las 24 muestras que se analizaron solamente 8 (33%) cumplen con la concentración de retinol requerida según Acuerdo Gubernativo No. 0.21-2000 y 16 muestras (67%) no cumplen con el requerimiento acordado.

Gráfica No. 3. Porcentaje del cumplimiento de la concentración de retinol por municipios



De los 8 municipios en 3 (38%) se expende azúcar cumplen con la concentración de retinol requerida según Acuerdo Gubernativo No. 021-2000 y 5 municipios (62%) no cumplen con el requerimiento acordado.

Gráfica No. 4. Comparación de medias con valor mínimo establecido en el Acuerdo Gubernativo No. 021-2000

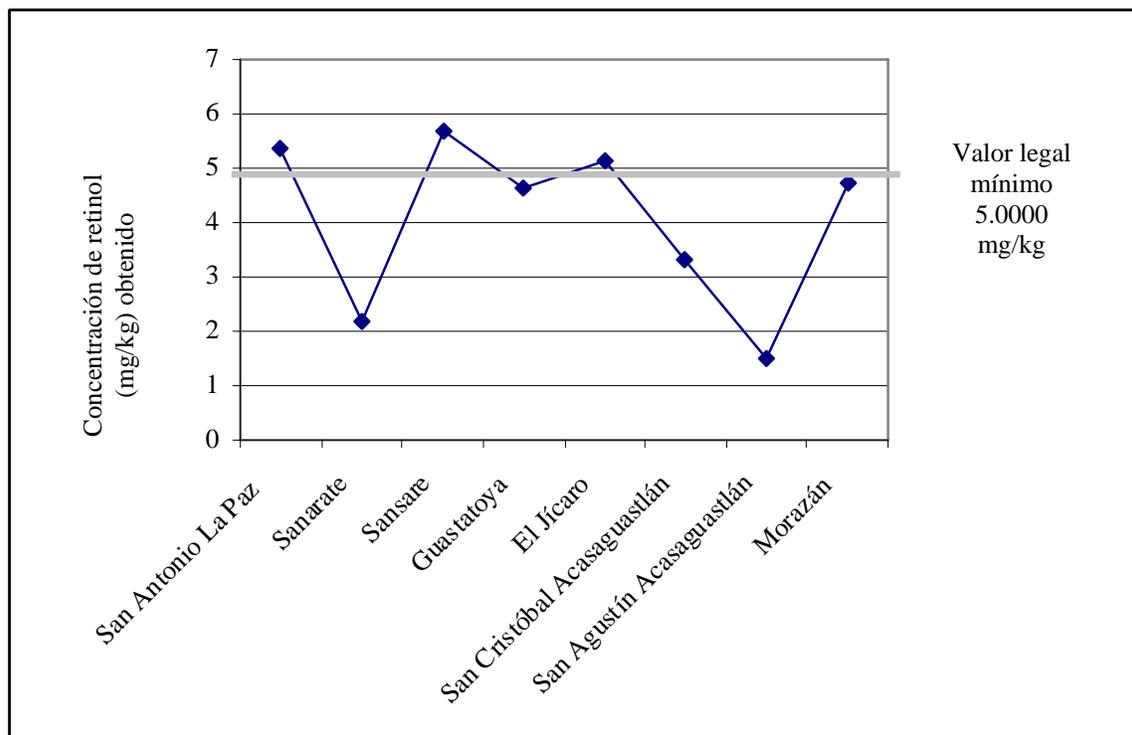


Tabla No. 7. Cumplimiento de la concentración de retinol en el Departamento de El Progreso

Municipio	Medias de retinol (mg/kg) por Municipio	Media de retinol (mg/kg) El Progreso	Desviación estándar	Valor legal	Dictamen
San Antonio La Paz	5.3647	4.0591	1.4	>5.0000 mg/kg	No Cumple
Sanarate	2.1632				
Sansare	5.6770				
Guastatoya	4.6382				
El Jícaro	5.1376				
San Cristóbal Acasaguastlán	3.3000				
San Agustín Acasaguastlán	1.4874				
Morazán	4.7048				

## 9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La fortificación del azúcar es una estrategia necesaria para controlar la deficiencia de vitamina “A” en las poblaciones de mayor riesgo (poblaciones con niveles socioeconómicos limitados y encarecidos). El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP- y la Organización Mundial de la Salud -OMS-, pusieron en marcha el programa de fortificación de azúcar con vitamina “A”, con el fin de aportar los requerimientos diarios de dicha vitamina en cada individuo. En el Acuerdo Gubernativo No. 021-2000, se establece que el azúcar expendida debe contener una concentración de retinol no mayor a 20mg/kg, ni menor a 5mg/kg. Asimismo establece que el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social es el ente encargado de velar por el cumplimiento del programa de fortificación de azúcar con vitamina “A” a nivel del consumidor.

El retinol fácilmente es degradado por la exposición del mismo a la luz solar, ácidos, temperaturas arriba de los 28°C. Al final de la fase de muestreo se colectaron 13 muestras (54%) expuestas directamente al sol y 11 muestras (46%) indirectamente expuestas al sol (locales con poca luz natural). El total de muestras recolectadas fueron 24 y todas ellas tenían fechas de vencimiento posterior a la fecha de recolección por lo que el 100% de las mismas se encontraban vigentes al momento del análisis. En la tabla No. 1 se puede apreciar las condiciones de exposición solar y de temperatura al momento de realizar el muestreo. Cabe mencionar que la temperatura al momento del muestreo siempre fue mayor a 28°C, no importando si el muestreo se realizó en la mañana o en la tarde. A la hora de muestrear se observó que en este Departamento se expendía azúcar proveniente de dos empresas fortificadoras distintas, se colectaron 10 muestras (42%) de la empresa fortificante 1 y 14 muestras (58%) de la empresa fortificante 2. Otro factor que no se describió en los resultados es el hecho que se encontraron 3 muestras almacenadas en el suelo del local (caso de F2 y H2) y en la banqueta del local (caso D2).

Luego de obtener las 24 muestras, se analizó cada una por triplicado. De cada muestra se determinaron entonces 3 concentraciones. De las 3 concentraciones encontradas se determinó la media estadística y su desviación estándar de la muestra. El dato resultante (Media Retinol (mg/kg) por muestra y su desviación estándar) se detalla en la tabla No. 2,

se compararon los datos obtenidos con el valor mínimo legal y se determinó si la muestra cumple o no con la concentración requerida de retinol. De las 24 muestras analizadas solamente el 33% (8 muestras) cumplen con las concentraciones de retinol requerido y establecido en el Acuerdo Gubernativo No. 021-2000. El 67% (16 muestras) no cumplen con la concentración requerida. La desviación estándar obtenida refleja que las concentraciones encontradas fueron precisas.

En la tabla No. 3, se comparan las condiciones de almacenamiento de cada muestra con la concentración obtenida. Se evidencia claramente que las 13 muestras que se encontraban expuestas directamente a la luz solar y a temperaturas mayores a 28°C, cuentan con concentraciones de retinol deficientes. Con respecto a las muestras que se encontraban indirectamente expuestas a la luz solar, 8 presentan concentraciones arriba de 5µg/g cumpliendo de esta forma con el Acuerdo Gubernativo, sin embargo las muestras F2, G3 y H2, a pesar de estar indirectamente expuestas al sol, no cumplieron con la concentración de retinol requerida, esto se debe a que, durante el muestreo se observó que las muestras F2 y H2 se encontraban en el suelo del local, lo que podría haber ayudado a la degradación del retinol. En el caso de la muestra G3 su fecha de expiración se encuentra cercana (julio 2008), por lo que es de esperarse que el retinol se haya degradado, aunque no estuviera vencida. De cualquier forma en el caso de las tres muestras anteriores, la temperatura a la que se mantiene el local afectó la concentración de retinol al propiciar la degradación de éste. En conclusión de 24 muestras analizadas el 67% (16 muestras) no cumple con los requerimientos de retinol establecidos legalmente (ver gráfica No. 2) y el 33% (8 muestras) cumplen con dicho requerimiento.

Otro factor importante que se analizó en la tabla No. 3 son las muestras por empresa fortificante. De la empresa fortificante 1 se obtuvieron 10 muestras de las cuales sólo el 30% (3muestras) cumplen con el requerimiento estipulado y el 70% (7 muestras) no cumple. Con respecto a la empresa fortificante 2 de las 14 muestras analizadas se encontró que el 64% (9 muestras) no cumplen con la concentración establecida y el 36% (5 muestras) cumplen con dicho requisito. Independientemente de las empresas fortificadoras de azúcar, la tendencia es que toda aquella muestra encontrada en pésimas condiciones de almacenamiento sufre alteración en su integridad química. En cualquiera de los dos casos las empresas fortificantes deberían tomar acciones adecuadas para mejorar el empaque del

producto con el fin de aumentar la vida del retinol evitando su rápida degradación, ya que ambas empresas empaquetan el azúcar en bolsas transparentes, permitiendo fácilmente la penetración de los rayos del sol.

En la tabla No. 6 se puede apreciar el cumplimiento o no de la concentración de retinol en el azúcar expendida por municipio. Se determinó que el azúcar que se expende en los municipios de San Antonio La Paz, Sansare y El Jícaro (38%, ver Gráfica No. 3), cumplen con la concentración de retinol requerida. Pero las concentraciones de retinol en el azúcar de dichos municipios se encuentran cerca del límite inferior de retinol, por lo que es necesario que las autoridades competentes y las empresas fortificantes capaciten a los dueños de los locales sobre las condiciones adecuadas de almacenamiento para alargar la vida útil del retinol.

En la Gráfica No 4, se puede observar una comparación de las medias obtenidas por municipio con el valor legal mínimo y se puede observar claramente que 3 de los 8 municipios expenden azúcar con concentraciones de retinol adecuadas. Asimismo se puede observar que los municipios San Agustín Acasaguastlán, San Cristóbal Acasaguastlán y Sanarate son los que presentan las concentraciones de retinol en azúcar más bajas.

Por último la Tabla No. 7 muestra la concentración de retinol en azúcar a nivel departamental. La concentración que se obtuvo fue de  $4.0591\mu\text{g/g}$ . Sin embargo la desviación estándar es de 1.4, lo que indica que los datos no son precisos. Por lo tanto no se puede concluir que el azúcar no cumple con los requerimientos de fortificación establecidos.

Con el fin de determinar el cumplimiento o no de las concentraciones de retinol en las muestras de azúcar, se analizan las concentraciones obtenidas, utilizando para ello las pruebas estadísticas t de student y Box Plots.

Para el análisis de la t de student se separaron por variables. En la primera variable se agruparon todas las muestras de azúcar que han sido expuestas directamente a la luz solar y en la segunda variable las muestras expuestas indirectamente a la luz solar indirecta. Las 13 muestras expuestas a la luz solar se tomaron en cuenta para el análisis, debido a que todas cumplen el requisito de poseer una concentración menor a  $5.0000\text{mg/kg}$ . Con respecto a las muestras independientes solamente se tomaron 8 muestras de las 11 analizadas. Se excluyó del estudio la muestra G3 porque su fecha de vencimiento se encontraba próxima.

En el caso de las muestras F2 y H2 (muestras expuestas indirectamente a la luz solar) se incluyeron dentro de las muestras expuestas al sol directamente, debido a que las condiciones de almacenamiento no eran las adecuadas, ya que ambas se encontraban en el suelo del local y al palpar el suelo se pudo determinar que la temperatura era mayor. Analizando las concentraciones obtenidas de los dos grupos se obtuvo la Tabla No. 4. Se analizó dicha tabla y se determinó que la hipótesis  $H_a$  se acepta, ya que el valor de  $\mu_d$  es menor a  $\mu_i$  ( $\mu_d$  = medias de retinol en muestras expuestas directamente al sol y  $\mu_i$  medias de retinol en muestras expuestas indirectamente al sol), concluyendo que la exposición directa a la luz solar, disminuye la concentración de vitamina "A" en el azúcar. También se determinó que hay una diferencia significativa entre  $\mu_d$  y  $\mu_i$ , ya que el valor P (p value) obtenido ( $6.96466e^{-08}$ ) es menor a 0.05, lo que indica que si hay diferencia entre las dos variables.

Para corroborar gráficamente la diferencia entre las dos variables se obtuvieron los datos necesarios para realizar la gráfica de Box plots. Los datos obtenidos se encuentran establecidos en la Tabla No. 5, en donde se puede apreciar todos los parámetros que establecen el comportamiento de la Gráfica No. 1, la cual corrobora la diferencia establecida en el t de student. Fácilmente se puede observar que las muestras expuestas directamente a la luz solar no cumplen con el valor legal mínimo de retinol (5.0000mg/kg) en el azúcar y que las muestras expuestas indirectamente al sol conservan concentraciones arriba del valor legal mínimo de retinol.

Debido a que la mayoría de las muestras analizadas no cumplen con los requerimientos de fortificación debido a las pésimas condiciones de almacenamiento se determina que el azúcar que se expende al menudeo en tiendas, abarroterías y mercados en el Departamento de El Progreso no cumplen con la concentración estipulada por la ley en el Acuerdo Gubernativo No. 021-2000.

## 10. CONCLUSIONES

- 10.1. El azúcar que se expende al menudeo en el departamento de El Progreso, no cumple con los requerimientos de calidad y con los niveles de vitamina “A” que establece la ley en el Programa de Fortificación del Azúcar, según Acuerdo Gubernativo No. 021-2000 del Congreso de la República, debido a las pésimas condiciones de almacenamiento en que se encuentra dicho producto.
- 10.2. Los municipios de San Antonio La Paz, Sansare y El Jícaro cumplen con los niveles de vitamina “A” en azúcar establecidos en el Acuerdo Gubernativo No. 021-2000. Los municipios de Morazán y Guastatoya no cumplen con el valor legal mínimo, sin embargo su concentración de retinol se encuentra cercano a dicho valor (4.7 y 4.6 mg/g respectivamente). San Cristóbal Acasaguastlán, San Agustín Acasaguatlán y Sanarate fueron los municipios que presentaron los niveles más bajos de retinol en azúcar.
- 10.3. Las condiciones de almacenamiento del azúcar fortificada en el departamento de El Progreso no son las adecuadas, lo que provoca que el retinol sea degradado más rápidamente.
- 10.4. De 24 muestras analizadas solamente 8 de ellas (33%), cumplen con el requerimiento de vitamina “A” en azúcar. Las 16 muestras restantes (67%) no cumplen.
- 10.5. La degradación de la vitamina “A” es mayor, si el azúcar fortificada se encuentra expuesta a la luz solar y a altas temperaturas al mismo tiempo, que si se encontrarán expuestas a una sola de estas condiciones.

- 10.6. Las muestras de azúcar que se encontraron directamente expuestas a la luz solar, poseen niveles más bajos de vitamina “A”, que las muestras que se encontraron indirectamente expuestas a la luz solar.
- 10.7. El 100% de las muestras estaban expuestas a temperaturas superiores a los 28°C, por lo que la temperatura no es un valor que en sí mismo degrade todas las muestras; sino que su mayor degradación lo produce la luz directa del sol.

## 11. RECOMENDACIONES

- 11.1. Es necesario que las autoridades involucradas en la vigilancia del programa de fortificación de azúcar con vitamina “A” permitan únicamente la venta de azúcar fortificada con marcas autorizadas y registradas, y que la legislación sea aplicable imparcial e indiscriminadamente.
- 11.2. Es importante que el Departamento de Registro y Control de Medicamentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social como ente encargado de velar que el azúcar que consume la población guatemalteca contenga los niveles de vitamina “A” establecidos por la Ley de Fortificación de Azúcar con vitamina “A”, Acuerdo Gubernativo 021-2000, realice monitoreos permanentes con el fin de asegurar que todos los productos que llegan al consumidor cumplan con las especificaciones requeridas.
- 11.3. Es necesario que las empresas fortificadoras de azúcar, investiguen un nuevo empaque que evite que el azúcar fortificada se degrade rápidamente, debido a la exposición solar y a temperaturas superiores a 28°C; esto permitirá que el tiempo de vida de la vitamina “A” sea mayor especialmente en los departamentos con climas cálidos como El Progreso.
- 11.4. Es necesario informar a los dueños de abarroterías, tiendas y de locales de los mercados que expenden azúcar, la importancia del almacenamiento adecuado del azúcar, con el fin alargar la vida útil del retinol, garantizando que el consumidor obtenga un producto que cumpla con los niveles de vitamina “A” establecidas.
- 11.5. Establecer programas de educación continua a la población consumidora, acerca de las buenas prácticas de almacenamiento de azúcar, por medios masivos de comunicación (televisión, periódicos y radio).

- 11.6. Establecer si existe un vínculo entre el incumplimiento de las concentraciones de vitamina “A” en azúcar y las afecciones oculares padecidas por los pobladores de los 8 municipios de El Progreso.

## 12. REFERENCIAS

- 12.1. Arroyave, G. y Dary, O. Manual para la fortificación del azúcar con vitamina A. Parte 1. OMNI, USAID, INCAP. Guatemala 1996. Pp. 3-17.
- 12.2. Murray, Roberto K; et al; tr. Por. Eduardo Gómez Saborio. Bioquímica de Harper. 15ª Edición. México: El Manual Moderno. 2001. Pp735-738, 1041.
- 12.3. Arroyave G. y Dary, O. Manual para la fortificación del azúcar con vitamina A. Parte 3. OMNI, USAID, INCAP. Guatemala 1996. Pp. 3-17.
- 12.4. Arroyave, G. y Dary, O. Manual para la fortificación del azúcar con vitamina A. Parte 2. OMNI, USAID, INCAP. Guatemala 1996. Pp. 3-17.
- 12.5. Goodman & Gilman. Las Bases Farmacológicas de la Terapéutica. Vol. II. 9ª Edición. México McGraw-Hill Interamericana. 1996. Pp. 1675-1683.
- 12.6. El Manual Merck. 10ª Edición. España Harcourt. 1999.
- 12.7. Seberell, W.H. and Harris. The vitamins.Vol I. 2<sup>nd</sup> Ed. Academy Press New York. 1985. Pp. 267.
- 12.8. Clausen, S.W. Vitamin “A” deficiency. Med. Clin. N. Am. 1993. Pp. 349-359
- 12.9. Griesemer, R.D., Fazier, C.N. and Blank, I.H. Nutritional influences in the physiology of the skin, observations on the metabolism of the vitamin “A”. Medicine. 1953. Pp. 307-316
- 12.10. Moore, T. The pathology of vitamin “A” deficiency. In Symposium “Vitamin “A” and metabolism”. Switzerland. 1960. Pp. 507-511.

- 12.11. INCAP, Oficina de Investigaciones Internacionales de los Institutos Nacionales de Salud. Evaluación nutricional de la población de Centroamérica y Panamá; Guatemala. INCAP. 1969. Pp. 128-130.
- 12.12. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Encuesta Nacional de Micronutrientes. Guatemala. Pp. 1996.
- 12.13. Pineda, O. Fortificación del azúcar con vitamina “A”. Manual de operaciones. Guatemala: División de nutrición y salud. INCAP. 1988.
- 12.14. Gómez, O. Evaluación técnica y económica de la fortificación de azúcar con ácido fólico y vitamina “A”. USAC. Guatemala. 2002. Pp. 3-9.
- 12.15. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá y Comité Interdepartamental de Nutrición para la Defensa Nacional. Evaluación nutricional de la población de Centro América y Panamá. Sumario Regional. DHEW Publicación No. HSM 72-8120. Secretaría de salud y bienestar de los E.U.A., Washington, D.C. Estados Unidos. 1972.
- 12.16. Vit A Field Support Project (VITAL). Evaluación de intervenciones para el control de la hipovitaminosis “A” en Guatemala. Guatemala. 1991.
- 12.17. Arroyave, G. Fortification of sugar with vitamin “A”; bases, implementation and evaluation. Cap. 22. In: Nutrition in the community. London. New England. 1983. Pp 25-40.
- 12.18. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional –USAID-. Tercer taller regional sobre la deficiencia de vitamina “A” y otros micronutrientes en América Latina y El Caribe. (Brasil: Editado por Vitamin “A” Field Support Project –VITAL-) 1993. Pp.32, 55, 93-96,101, 143 y 143.

- 12.19. Situación de los alimentos fortificados. Comisión Nacional para la Fortificación, Enriquecimiento y Equiparación de Alimentos –CONAFOR-, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP-, Organización Panamericana de la Salud –OPS- y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia –UNICEF-. Guatemala 2001. Pp. 2-7.
- 12.20. Protocolo del Programa de Fortificación del Azúcar con Vitamina “A”. Asociación de Azucareros de Guatemala –AZASGUA-, Guatemala, 2002. Pp. 1-35.
- 12.21. Dary, O. Evolución del Programa de Fortificación del azúcar con vitamina “A” en Guatemala. INCAP/OPS. 1996. Pp.1-2,13.
- 12.22. Zunny, K., Freire, W. Fortificación de alimentos con micronutrientes: Fundamentos de la Garantía de Calidad. Organización Panamericana de la Salud –OPS-, Organización Mundial de la Salud –OMS-, División de Promoción y Protección de la Salud. Programa de Alimentación y Nutrición. Washington. D.C. United EStates. 1997. Pp 1-3.
- 12.23. Fortificación del azúcar en Guatemala. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia –UNICEF-. Guatemala. 1996. Pp. 1-2 y 28-30.
- 12.24. Dary, O. Control de la Hipovitaminosis “A” en Centroamérica por medio de la Fortificación de azúcar. Guatemala. 1991. INCAP. Pp. 3-11.
- 12.25. Dary, O. Sistema de Garantía de Calidad del Programa de Fortificación de Azúcar con Vitamina “A” INCAP/OPS. Guatemala 1996 Pp.3-4 y 18-19.
- 12.26. Delgado, H. y Martínez, C. Beneficios de la fortificación del azúcar. Revista A tu Salud, Avances en el mundo de la salud y nutrición. 2004. Pp 5-6.

- 12.27. Ramos, T. Comparación de Tres Métodos para Cuantificar Vitamina A en azúcar fortificada. Guatemala. USAC. 1994. Pp 6-15.
- 12.28. Jordán, I. Determinación de vitamina “A” en azúcar que se expende en el Departamento de Chiquimula. USAC. Guatemala. 2004. Pp. 5-28.
- 12.29. Arroyave, G. y Funes, C. Enriquecimiento de azúcar con vitamina A. Método par la determinación cuantitativa de retinol en azúcar blanca de mesa. INCAP. 1974. Pp 4-8.
- 12.30. Dary, O. Fortificación del Azúcar con Vitamina “A”. En: Memorias del XI Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. INCAP. Guatemala. 1997. Pp. 4.
- 12.31. Banco de Guatemala –BANGUAT- e Instituto Nacional de Estadística –INE-. Directorio Nacional de Empresas y Locales –DINEL- Disco Compacto

13. ANEXOS  
**MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y  
ASISTENCIA SOCIAL**  
**REGLAMENTO PARA LA FORTIFICACIÓN DEL AZÚCAR CON VITAMINA “A”**  
**ACUERDO GUBERNATIVO No. 021-2000**

Guatemala, 7 de enero del 2000

El Presidente de la República,

**CONSIDERANDO**

De conformidad con el Decreto del Congreso de la República número 114-97, Ley del Organismo Ejecutivo, corresponde al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social formular las políticas y hacer cumplir el régimen jurídico relativo a la salud preventiva; así como formular y dar seguimiento a las políticas y planes de salud pública.

**CONSIDERANDO**

Que de conformidad con la legislación vigente, es obligatorio el enriquecimiento y fortificación de los alimentos necesarios para suplir la ausencia o insuficiencia de nutrientes en la alimentación habitual de la población guatemalteca, especialmente con relación al azúcar que se consume en el país; y que para dicho propósito el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social debe emitir el reglamento respectivo.

**CONSIDERANDO**

Que por consiguiente, la fortificación del azúcar para consumo humano con vitamina A, resulta necesaria a fin de garantizar la salud de la población.

**POR TANTO**

En el ejercicio de las funciones que le asigna el artículo 183, inciso e) de la Constitución Política de la República de Guatemala, y el artículo 2 del Acuerdo Gubernativo No. 952-99 de fecha 30 de diciembre de 1999, emitido en Consejo de Ministros.

**ACUERDA**

Emitir el siguiente Reglamento para la fortificación del Azúcar con Vitamina A

## **CAPÍTULO I**

### **DE LAS DEFINICIONES**

#### **Artículo 1. Azúcar.**

Para propósito de este Reglamento se entiende como azúcar el producto sólido cristalino, constituido principalmente por sacarosa.

#### **Artículo 2. Azúcar Fortificada con Vitamina A.**

Es el azúcar fortificada con vitamina A que contiene un mínimo de 5mg/kg de retinol durante toda su vida de comercialización.

#### **Artículo 3. Azúcar no fortificada.**

El azúcar no fortificada es el azúcar sin vitamina A, destinada a ser fortificada localmente.

#### **Artículo 4. Fortificador.**

Es toda persona individual o jurídica que agregue localmente Vitamina A al azúcar importada o de producción nacional.

## **CAPÍTULO II**

### **CAMPO DE APLICACIÓN Y OBLIGATORIEDAD**

#### **Artículo 5. Del Campo de Aplicación.**

Las disposiciones de este Reglamento se aplican a toda el azúcar que se consume en el país cualquiera sea su tipo, sea ésta de producción nacional, importación comercial o donación.

#### **Artículo 6. Obligatoriedad de la Fortificación.**

El azúcar deberá estar fortificada con retinol de tipo hidrodispensable, con una estabilidad aceptable durante la vida de comercialización del azúcar y que no altere las propiedades organolépticas de la misma.

**Artículo 7. Nivel de Fortificación.**

El azúcar deberá ser fortificada a un nivel promedio de 15 miligramos de retinol por kilogramo de azúcar, con un intervalo de tolerancia de +/- 5mg/kg de azúcar con respecto al promedio.

**Artículo 8. De la Licencia Sanitaria.**

Toda persona individual o jurídica, que se dedique a la producción, importación, fraccionamiento o fortificación de azúcar, para operar, deberá tener la licencia sanitaria otorgada por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

**Artículo 9. Del Registro Sanitario.**

El azúcar deberá contar con el registro sanitario correspondiente.

### **CAPÍTULO III GARANTÍA Y CONTROL DE CALIDAD**

**Artículo 10. Responsabilidad de Productor, Importador Fraccionador o Fortificador.**

El productor, importador, fraccionador o fortificador que distribuya azúcar es responsable de hacer el control de calidad para garantizar los niveles a que se refieren los artículos 2 y 7 de este Acuerdo.

**Artículo 11. Importación de Azúcar no Fortificada.**

Podrá importarse azúcar no fortificada para ser fortificada en el país y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, dará las facilidades para que el importador tenga acceso al conocimiento técnico de cómo agregar la vitamina A en azúcar, así como la autorización de los lugares donde deberá cumplirse con dicho proceso.

Previamente a la liberación de la misma para su comercialización o distribución, el referido Ministerio verificará que el azúcar cumpla el requisito establecido en el artículo 7 anterior.

**Artículo 12. Responsabilidades del Comerciante**

El vendedor final debe velar porque el azúcar que comercializa tenga registro sanitario.

**Artículo 13. Responsabilidad del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social**

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social es responsable de verificar el cumplimiento del presente Reglamento, así como ejercer labores de vigilancia del programa a nivel del consumidor.

## **CAPÍTULO IV ENVASADO Y PRESENTACIÓN**

**Artículo 14. Envasado.**

El azúcar fortificada deberá envasarse y transportarse en recipientes que salvaguarden las cualidades originales, higiénicas, nutritivas y tecnológicas del producto.

**Artículo 15. Del Etiquetado.**

El etiquetado se ajustará a lo estipulado por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), referente al peso, número de registro, marca y dirección del productor, importador, fraccionador o fortificador. Debe contener además la designación de AZÚCAR FORTIFICADA CON VITAMINA A, y un ojo de color verde o rojo, que permita reconocer la condición de fortificada a quienes no sepan leer.

## **CAPÍTULO V SANCIONES**

**Artículo 16. Sanciones**

Las infracciones al presente Reglamento se consideran infracciones contra la salud, y serán sancionadas de conformidad al Código Penal.

**Artículo 17. Auditorias de Calidad.**

En el caso de que un productor, importador, fraccionador o fortificador, esté en desacuerdo con alguna decisión tomada por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, con relación a actividades de inspección y monitoreo, tendrá el derecho de solicitar la

realización de una auditoria de calidad con la participación del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

**Artículo 18. Comercialización de Azúcar no Enriquecida**

La comercialización del azúcar no enriquecida en Guatemala se considera ilícita y se impondrá a los responsables las sanciones máximas aplicables que establezca la ley.

**CAPÍTULO VI**  
**DISPOSICIONES FINALES Y TRANSITORIAS**

**Artículo 19. Casos no previstos.**

Cualquier caso no previsto en este Reglamento, será resuelto por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social con la asesoría del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), de acuerdo al artículo 1 del Decreto número 44-92, Ley General de Enriquecimiento de Alimentos.

**Artículo 20. Excepción**

Se exceptúa de las disposiciones del presente acuerdo, lo dispuesto en el artículo 1 del Acuerdo Gubernativo número 952-99 de fecha 30 de diciembre de 1999.

---

Claudia del Carmen Cadenas Jáuregui

Autora

---

Licda. Julia Amparo García Bolaños

Asesora

---

Licda. Aylin Santizo Juárez

Revisora

---

Lic. Francisco Estuardo Serrano Vives  
Director Escuela de Química Farmacéutica

---

Dr. Oscar Cobar Pinto

Decano

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia