

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)
Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF)
Fundación para la Alimentación y la Nutrición de Centro América y
Panamá (FANCAP)
Proyecto Centroamericano de Fortificación de Alimentos con Ácido
Fólico y otros Micronutrientes como un Bien Público Regional

MANUAL PARA EL MONITOREO INTERNO DE
LA SAL FORTIFICADA CON YODO EN
OPERACIONES A PEQUEÑA ESCALA
(Aseguramiento de Calidad y Control de Calidad,
AC/CC)

Segunda edición - 2011

TRADUCCIÓN Y ADAPTACIÓN PARA CENTRO AMÉRICA, PANAMÁ
Y REPÚBLICA DOMINICANA

Se agradece al Banco Interamericano de Desarrollo BID por la aportación de los recursos de la cooperación técnica no reembolsable AT IV/OC 99 13 RG del BID, en apoyo al Proyecto Centroamericano de Fortificación de Alimentos con Acido Fólico y otros Micronutrientes como un Bien Público Regional.

**MANUAL PARA EL MONITOREO INTERNO DE LA SAL
FORTIFICADA CON YODO DE LA SAL EN OPERACIONES A
PEQUEÑA ESCALA
(Aseguramiento de Calidad y Control de Calidad, AC/CC)**

**TRADUCCIÓN Y ADAPTACIÓN PARA CENTRO AMÉRICA, PANAMÁ
Y REPÚBLICA DOMINICANA**

Segunda edición-2011

AGRADECIMIENTOS

La versión original en inglés de este manual fue elaborado para la Comunidad de Salud de los países del Este, Centro y Sur de África, ECSA (por sus siglas en inglés), por Mónica Guamuch – Consultora en fortificación de alimentos de Guatemala con experiencia en América Latina y el Caribe-; Phillip Makhumula –Consultor en fortificación de alimentos de Malawi con experiencia en África y Asia Central-; y el Dr. Omar Dary, especialista en Fortificación de Alimentos de A2Z/El Programa de Micronutrientes y Ceguera Infantil de USAID. La preparación del manual original contó con el apoyo técnico y financiero del proyecto A2Z/El Programa de Micronutrientes y Ceguera Infantil de la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos de América (USAID), administrado por la Academia para el Desarrollo Educativo (AED), y el financiamiento de la misión de USAID para el Este de África.

La primera versión en español de este manual fue el producto del esfuerzo conjunto entre el Instituto de Nutrición de Centroamérica, Panamá y República Dominicana -INCAP/OPS/SICA y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia -UNICEF-Guatemala. Esta primera versión fue una traducción y adaptación de los manuales originales en inglés, a los que se les incorporaron las observaciones y comentarios recibidos de los países miembros, con el propósito de ajustarlos a las necesidades y condiciones en que funcionan los Programas de Fortificación de Alimentos en Centroamérica, Panamá y República Dominicana. Se agradece a la Comunidad de Salud de los países del Este, Centro y Sur de África –ECSA- por permitir que el material fuera utilizado para su revisión y adaptación en cada uno de los países miembros del INCAP.

Esta segunda edición es resultado de las actividades realizadas por el Proyecto Centroamericano de Fortificación de Alimentos con Acido Fólico y otros Micronutrientes como un Bien Público Regional (BID FANCAP ATN-OC-9913RG) con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo, la que se ha revisado y actualizado.

REVISIÓN Y ADAPTACIÓN

Para esta segunda edición se realizaron talleres de socialización y validación en diferentes países de Centroamérica, organizados en forma conjunta entre el Ministerio/Secretaría de Salud de los mismos, el Proyecto Centroamericano de Fortificación de Alimentos con Acido Fólico y otros Micronutrientes como un Bien Público Regional (BID FANCAP ATN-OC-9913RG) y el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP/SICA/OPS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS). En los talleres participaron funcionarios del Ministerio/Secretaría de Salud de los países, de otros Ministerios y entes del Estado involucrados en los Programas de Fortificación de Alimentos de los países, representantes de la industria de harina de trigo, azúcar y sal y otras agencias de cooperación involucradas en el tema.

Las recomendaciones obtenidas durante los talleres han sido incorporadas a estos manuales, los cuales serán utilizados como instrumento de referencia para el monitoreo de los Programas de Salud Pública de Fortificación de Alimentos en la región.

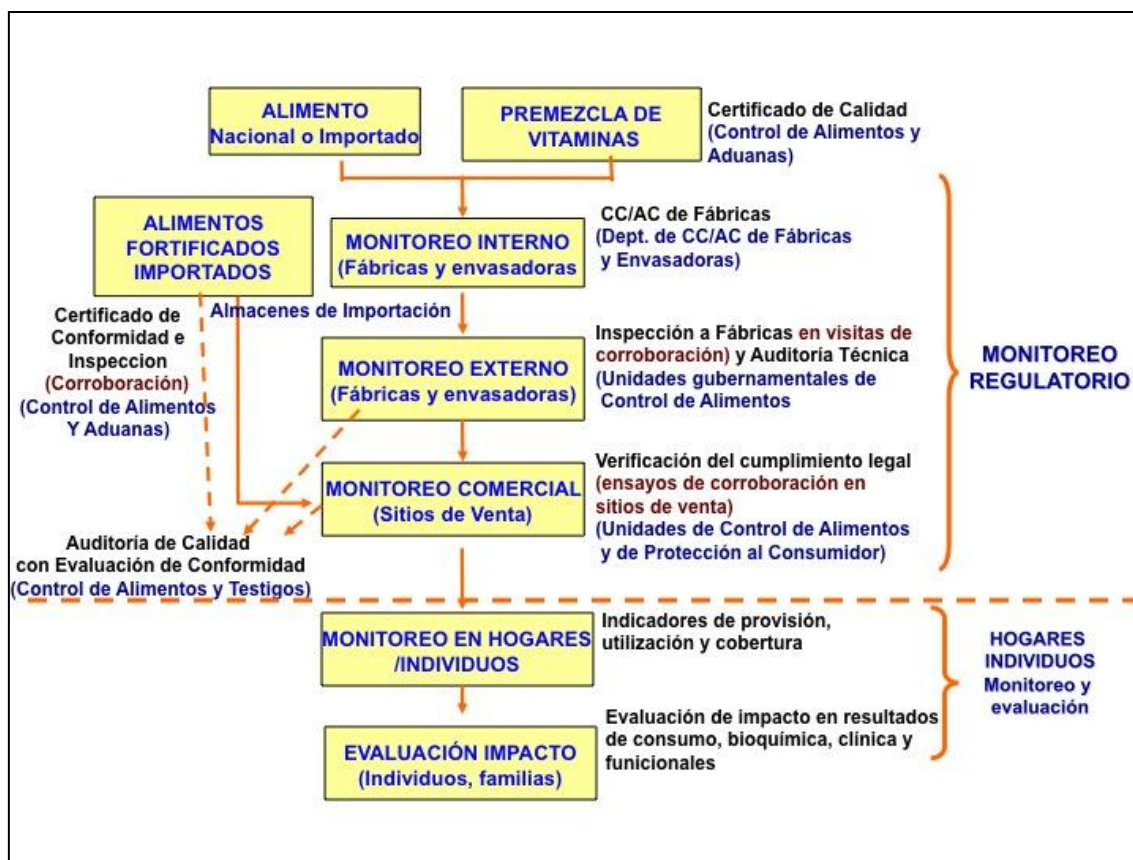
Se agradece a los participante en cada uno de los países la revisión, adaptación, comentarios y recomendaciones realizados durante los talleres.

PRESENTACIÓN

Los programas de fortificación de alimentos han existido en Centro América desde los años cincuenta, cuando se inició la fortificación de la sal con yodo. Estos programas han contribuido de forma importante a la eliminación y prevención de los problemas de deficiencias de micronutrientes en la subregión.

Centro América ha sido pionera en la sistematización de actividades para el monitoreo de los programas de fortificación de alimentos. Desde los años noventa se conceptualizó el sistema de monitoreo y evaluación de los programas de fortificación de alimentos, y durante años se han implementado actividades de monitoreo en las diferentes etapas de la producción y comercialización de los alimentos fortificados. A continuación se presenta el diagrama que resume de forma sencilla cada componente del proceso de fortificación de alimentos desde la adquisición de las premezclas hasta que los alimentos están en la mesa de los consumidores.

DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE ALIMENTOS FORTIFICADOS



Fuente: Adaptado de Allen L, de Benoist B, Dary O y Hurrell R. (Eds). *Guidelines for food fortification with micronutrients*. Geneva, FAO/WHO. 2006.

El monitoreo se divide en tres etapas: el monitoreo interno, monitoreo externo y el monitoreo comercial. Esta serie de manuales presentados cubren estas tres etapas, y describen las actividades a ser realizadas en diferentes puntos a lo largo de la cadena de producción y comercialización del alimento para garantizar y verificar la calidad de los alimentos fortificados previo a ser consumidos por la población. Además, estas actividades cuentan con criterios de éxito e indicadores medibles del grado de cumplimiento de las actividades realizadas.

El objetivo de estos manuales es contribuir a sistematizar las actividades realizadas en cada etapa del sistema y armonizar la forma de presentar la información que se genere, de tal manera que de forma sencilla cada país cuente con datos actuales y que los mismos sean fácilmente comparados entre sí y a lo largo de los años.

Por otro lado, los procesos de apertura comercial demandan que los países trabajen en coordinación y que la información que se genere de las actividades de monitoreo y evaluación esté disponible para la toma de decisiones. Contar con lineamientos sencillos y comunes contribuye a la implementación y mejora continua de los sistemas de monitoreo con el fin último de verificar el cumplimiento de la legislación en beneficio de la población consumidora de Centro América, Panamá y República Dominicana.

CONTENIDO

A. Aseguramiento de Calidad de la Recepción, Almacenamiento y Uso del Yodato de Potasio o Premezcla	3
B. Control de Calidad de la Sal Fortificada	5
Anexo 1. Método de Campo Para la Determinación de Yodato en Sal por Titulación con Tiosulfato de Sodio	10

LISTA DE CUADROS

Cuadro A-1 - Sal Fortificada - AC en Operaciones a Pequeña Escala.....	7
Control de Inventario de Yodato de Potasio en Existencias y Premezcla Producida.....	7
Cuadro A-2 - Sal Fortificada - AC en Operaciones a Pequeña Escala.....	8
Control de Inventario de Existencias de Premezcla de Yodato de Potasio y Producción de Sal	8
Cuadro B-1 - Sal Fortificada - AC en Operaciones a Pequeña Escala.....	9
Control de Calidad de la Sal Fortificada	9

MANUAL PARA EL MONITOREO INTERNO DE LA FORTIFICACION DE SAL CON YODO EN OPERACIONES A PEQUEÑA ESCALA (Aseguramiento de Calidad y Control de Calidad, AC/CC)

Desde la década de los cincuenta, el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP/OPS), identificó que en los países de Centro América existía deficiencia de yodo como un problema de salud pública. Ante esta situación, los países emprendieron acciones como la promulgación de leyes y reglamentos para establecer la obligatoriedad de la yodación de la sal para controlar y eliminar los Desórdenes por Deficiencia de Yodo (DDY). La fortificación universal de la sal es la estrategia para el control de DDY que recomienda la Organización Mundial de la Salud, por lo que la sal yodada ha llegado a ser la principal fuente de yodo para la mayoría de los seres humanos. De esta forma se está protegiendo a la población de los países centroamericanos y República Dominicana contra los DDY y sus consecuencias, tales como el retardo mental y físico, sordera, cretinismo, bocio, y otros.

La sal es por naturaleza un compuesto cristalino que inhibe el crecimiento de bacterias y otros patógenos. Esta característica natural permite que sea fortificada bajo condiciones muy simples especialmente tomando en cuenta las pequeñas cantidades que se requieren de yodo.

A menudo la sal cruda no cumple con las especificaciones usuales para ser considerada adecuada para consumo humano tales como baja humedad, tener el grado de pureza indicado en la norma respectiva del país, y estar libre de contaminantes sólidos (incluyendo remanentes de insectos muertos y plantas). A pesar de este problema, la sal cruda aún se consume como vehículo para llevar yodo a las poblaciones humanas.

En general, la sal puede ser fortificada utilizando sales de yodato o yoduro de potasio y el método de yodación más utilizado es el mezclado en seco. La sal cruda y las sales no refinadas, por su alto contenido de humedad e impurezas, deben yodarse solamente usando yodato de potasio por tener una mayor estabilidad. Los compuestos de yodato son menos solubles en agua y menos reactivos que el yoduro, por consiguiente los compuestos de yodato son más estables en contacto con alimentos. El yodato tiene otra ventaja sobre el yoduro, y es que se detecta fácilmente a través de una simple reacción química que involucra la formación de un color morado cuando entra en contacto con almidón. Esta fácil detección del yodato ha permitido el desarrollo de kits de campo basados en el método para la determinación total de yodo en sal por titulación (Método AOAC 925.56) y el uso de kits MBI¹ que se han utilizado para determinar la presencia de yodo en la sal.

El uso del kit MBI se ha propuesto como una herramienta ideal de elección en operaciones a pequeña escala para realizar el control de calidad de la sal yodada. Sin embargo, esta práctica no es tan útil debido a que el “kit” solamente detectará la presencia de yodato, pero no la cantidad de yodo agregada, siendo una herramienta cualitativa. Por lo tanto, **no se recomienda** su utilización en el proceso de fortificación de sal con yodo.

¹ MBI: Empresa Kits Internacional 85, G.N. Chetty Rodad III Floor, T. Nagar, Madras- 600 017, India

A pesar que al momento la mayoría de la producción de sal en el área centroamericana y República Dominicana es todavía artesanal y sus operaciones se realizan a pequeña escala, las mismas deben llevar un control de calidad simple, que esté documentado y funcionando. En la región también se encuentran industrias formales las cuales deben cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la legislación de cada país.

Tomando en consideración la naturaleza de las industrias artesanales que yodan la sal, a continuación se proponen requisitos de calidad que éstas pueden cumplir para asegurar la calidad de la sal que fortifican mediante actividades de Aseguramiento de la Calidad (AC), tales como el control del almacenamiento y manejo de la fortificación, empaque y etiquetado adecuado, y llevar registros simples del uso de la premezcla. En la medida de lo posible, los centros de yodación deberían implementar actividades de control de calidad, analizando periódicamente muestras de sal para verificar el contenido de yodo en las mismas, previo a ser empacadas. Actualmente, algunos centros de yodación realizan el control de calidad usando “kits” semi-cuantitativos para realizar el control de calidad de la sal fortificada o versiones de campo del método de titulación con tiosulfato de sodio. Sin embargo, el gobierno debería asumir la responsabilidad de revisar frecuentemente las operaciones artesanales de yodación para realizar tanto la inspección como el control de calidad, y así verificar que se cumplen con los requisitos establecidos de producción y fortificación. Además, es importante enfatizar que cada centro de yodación de sal debe cumplir con los requisitos de funcionamiento que cada país requiere para poder operar y procesar alimentos, tales como Licencia Sanitaria de funcionamiento, entre otros. En Centroamérica se ha probado por muchos años que esta estrategia es sostenible y exitosa para asegurar la fortificación consistente y adecuada de la sal a pequeña escala.

Este corto manual describe los pasos mínimos que el centro de yodación de sal debería realizar en operaciones a pequeña escala para asegurar que la sal está adecuadamente fortificada con yodato de potasio. El manual aplica tanto para el productor de pequeña escala que produce su propia premezcla como para el que la adquiere ya preparada.

A. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE LA RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y USO DEL YODATO DE POTASIO O PREMEZCLA

I. Objetivos y responsabilidad

El propósito del Aseguramiento de Calidad de la recepción, almacenamiento y distribución del yodato de potasio o premezcla es asegurar que:

- El centro de yodación tiene suficiente inventario de yodato de potasio o premezcla para por lo menos para 2 meses de yodación.
- El yodato de potasio o la premezcla se almacenan bajo condiciones adecuadas y se usa siguiendo el sistema “primero en entrar, primero en salir” (PEPS, o FIFO por sus siglas en inglés).

Los *encargados* del centro de yodación de sal son responsables de alcanzar estos objetivos.

II. Procedimientos

a. Recepción y almacenamiento del yodato de potasio o premezcla de yodato

1. Cada vez que el centro de yodación recibe un nuevo lote de yodato de potasio puro o de premezcla de yodato, verifique que los recipientes están sellados y que se incluye una certificación declarando la cantidad de yodo por kilogramo². Adicionalmente, se debe cumplir con la Norma de Etiquetado General para Alimentos Preenvasados de cada país (fecha de producción, fecha de vencimiento, número de lote, nombre del producto, etc.).
2. En el **Cuadro A-1**, registre las cantidades de yodato de potasio que se reciben, el nombre del proveedor, el número de lote, y la cantidad de premezcla que se produce. Si la premezcla se adquiere ya preparada, utilice el **Cuadro A-2** para registrar la cantidad de premezcla de yodato, el número de lote, y el nombre del proveedor.
3. Almacene el yodato o la premezcla en un área seca y limpia, alejada de productos químicos u otros contaminantes potenciales.
4. Estibe el yodato o la premezcla de forma tal que el producto que llega primero sea usado primero, siguiendo el sistema “primero en entrar, primero en salir” (PEPS).
5. Ordene más yodato de potasio o premezcla cuando solamente se tengan existencias para dos meses de producción de sal.

² La sal de yodato de potasio usualmente contiene 600 g de yodo por kilogramo. Las premezclas secas de yodato, donde ésta se combina ya sea con sal (cloruro de sodio) o carbonato de calcio, se preparan usualmente para contener 50-60 g de yodo por kilogramo; es decir, una dilución 1 a 12 y 1 a 10, respectivamente, de yodato de potasio.

b. Preparación de premezcla

Si el centro de yodación prepara su propia premezcla de yodato, siga el procedimiento descrito abajo:

6. Pese 10 kg de yodato de potasio y 90 kg de sal (o carbonato de calcio), u otras cantidades según se requiera para cumplir con el reglamento establecido en el país. Registre la cantidad de yodato de potasio usada en el **Cuadro A-1**.
7. Mezcle bien los ingredientes para asegurar la completa homogenización de los mismos, y empaque la premezcla en bolsas limpias, libres de contaminantes.
8. Etiquete la premezcla de yodato con la siguiente información: PREMEZCLA DE YODATO, Contenido de yodo = 60 g/kg, Lote #, y FECHA.
9. Escriba la cantidad de premezcla producida en el **Cuadro A-1**. Si la premezcla se usará en el mismo lugar donde se prepara, anote también la cantidad de premezcla producida en el **Cuadro A-2**, columna (A).

c. Uso de la premezcla para yodar la sal

10. Estime la cantidad de sal a yodar en kilogramos, y divida la cantidad entre 1000. Esta es la cantidad de premezcla de yodato que se debería usar. Registre en el **Cuadro A-2** tanto la cantidad de premezcla que se utiliza, como también la cantidad de sal que se fortifica.
11. Aplique la premezcla de yodato con el procedimiento utilizado usualmente, ya sea durante la molienda de la sal, o mézclela por lotes de forma manual o usando el equipo apropiado.

d. Empacado y planificación

12. La sal yodada debería empacarse en bolsas cumpliendo la Norma de Etiquetado General para Alimentos Preenvasados del país (Registro Sanitario, el nombre del centro de yodación, dirección, marca, nivel de yodo, la fecha de producción).
13. Cuando las existencias de premezcla o yodato alcanzan solamente para dos meses de producción, estime la cantidad de sal a producir, y ordene más premezcla de yodato.

III. Registros e informes

Mantenga actualizados los registros de los **Cuadros A-1 y A-2** y muéstrelos al inspector de la Autoridad Sanitaria correspondiente cuando se requiera.

B. CONTROL DE CALIDAD DE LA SAL FORTIFICADA

I. Objetivos y responsabilidad

El propósito del Control de Calidad de la sal fortificada es asegurar que:

- Todas las muestras de sal contienen niveles de yodo arriba de 30 mg/kg (o el mínimo legal correspondiente en el país³).
- 80% de las muestras tienen niveles entre 40-60 mg/kg (el contenido mínimo en producción y el contenido máximo, respectivamente) y que la concentración promedio es cercana al nivel agregado en la fábrica (por ejemplo: 50 mg/kg).
- La sal fortificada está empacada y etiquetada como se requiere en la Norma Nacional para el Etiquetado General de los Alimentos Preenvasados y el Reglamento de la Fortificación de la Sal.

El *Encargado de la salina o envasadora* es responsable de este componente.

II. Procedimientos

a. Muestreo (Encargado de la salina o envasadora)

1. En el lugar de empaque tome 100 g de sal cada hora (muestra individual), y prepare una muestra compuesta por turno⁴, mezclando las muestras individuales. Etiquete la muestra compuesta del turno con el día, hora en que se tomó la última muestra, número y tamaño del lote o lotes.

b. Determinación de yodo (Laboratorio)

2. En el laboratorio, mezcle bien las muestras en una muestra compuesta por turno. Determine la concentración de yodo usando el método cuantitativo por titulación (ver anexo 1) o un kit que dé resultados cuantitativos de yodo. Si no tiene acceso a realizar el análisis, envíe periódicamente muestras a un laboratorio externo para la determinación de yodo⁵.
3. Registre los resultados en el cuadro **Cuadro B-1**, expresándolo en términos de miligramos de yodo por kilogramo de sal (mg/kg).

³ En Guatemala el mínimo legal de yodo en sal es 20 mg/kg.

⁴ Se entiende por turno un periodo de 8 horas de trabajo.

⁵ Este laboratorio puede ser un laboratorio privado, laboratorio de la Asociación de Salineros o un laboratorio del Ministerio/Secretaría de Salud.

4. Si el nivel de yodo no es adecuado, revise las proporciones de premezcla y sal utilizadas, verifique la calidad de la premezcla, revise el procedimiento de homogenización, entre otras cosas, y tome las medidas correctivas necesarias.

III. Registros e informes

1. Complete el **Cuadro B-1** con los datos de sal fortificada y la cantidad de premezcla utilizada.
2. Calcule la proporción sal fortificada/premezcla usada, expresada en kilogramos de sal por kilogramos de premezcla. La proporción debería ser aproximadamente 1,000 si se usó una premezcla de 50 g/kg para producir sal yodada a 50 mg/kg.
3. Registre toda la información necesaria en el **Cuadro B-1**.

**CUADRO A-1 - SAL FORTIFICADA - AC EN OPERACIONES A PEQUEÑA ESCALA
CONTROL DE INVENTARIO DE YODATO DE POTASIO EN EXISTENCIAS Y PREMEZCLA PRODUCIDA**

Año: _____

Página No. _____

FECHA	RECIBIDO			CANTIDAD USADA (kg) (B)	CANTIDAD EN EXISTENCIA (C) (C) = (A) - (B)	CANTIDAD DE PREMEZCLA PRODUCIDA (kg)
	Proveedor	CANTIDAD RECIBIDA (kg) (A)	Lote #			

⁶ Según se especifica en el certificado.

CUADRO A-2 - SAL FORTIFICADA - AC EN OPERACIONES A PEQUEÑA ESCALA
CONTROL DE INVENTARIO DE EXISTENCIAS DE PREMEZCLA DE YODATO DE POTASIO Y PRODUCCIÓN DE SAL

Año: _____

Página No. _____

FECHA	RECIBIDO/PRODUCIDO LOCALMENTE			CANTIDAD USADA (kg) (B)	CANTIDAD EN EXISTENCIA (C) (C) = (A) – (B)	CANTIDAD DE SAL PRODUCIDA (kg)
	Proveedor	CANTIDAD RECIBIDA ⁷ (kg) (A)	Lote # Contenido de yodo (g/kg) ⁸			

⁷ Cantidad de premezcla recibida.

⁸ La indicada en el certificado

CUADRO B-1 - SAL FORTIFICADA - AC EN OPERACIONES A PEQUEÑA ESCALA
CONTROL DE CALIDAD DE LA SAL FORTIFICADA

Nombre de la Planta: _____
Año: _____

Página No. _____

FECHA DE PRODUCCIÓN	CANTIDAD DE PREMEZCLA UTILIZADA (Kg)	CANTIDAD DE SAL PROCESADA (Kg)	PRUEBA DE VERIFICACIÓN ⁹ YODO (mg/kg)	RESPONSABLE

⁹ Contenido de yodo en la sal fortificada

**Determinación de yodato en sal por titulación con tiosulfato de sodio
Método de campo**

**ANEXO 1. MÉTODO DE CAMPO PARA LA DETERMINACIÓN DE YODATO EN SAL
POR TITULACIÓN CON TIOSULFATO DE SODIO**

I. REFERENCIAS

AOAC Official Methods of Analysis. 1984. Sección 33.147

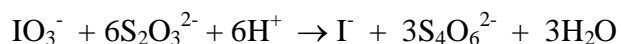
Fisher, R. y D. Peters. 1970. Análisis Químico Cuantitativo. 3a ed. Interamericana,
México D.F. pp 327-356.

Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos, LUCAM. 1986.
Cuadernos de Investigación, Sección de Contaminantes, Guatemala.

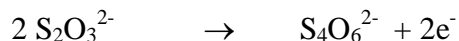
II. PRINCIPIO

El yodato (como yodato de potasio, KIO_3) agregado a la sal para consumo humano en Guatemala es cuantificado por titulación redox con tiosulfato de sodio. El yodato es un oxidante fuerte y reacciona cuantitativamente con el tiosulfato. La reacción se lleva a cabo en medio ligeramente ácido y en presencia de un exceso de iones I^- .

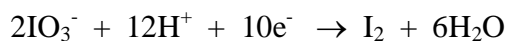
La ecuación global es la siguiente:



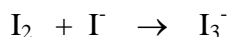
La semi ecuación para el tiosulfato de sodio es:



El yodato, en medio ácido y con exceso de yoduro forma compuestos intermediarios de I_2 y triyoduro (I_3^-):



Con un exceso de yoduro (I^-) el yodo formado forma el complejo I_3^- :



**Determinación de yodato en sal por titulación con tiosulfato de sodio
Método de campo**

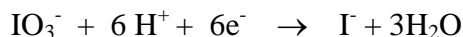
Bajo condiciones reductoras el complejo triyoduro forma nuevamente yoduro según la ecuación b.3:



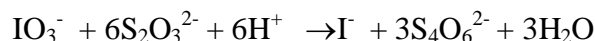
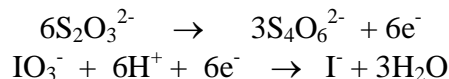
Sumando las ecuaciones b.1 b.2 y b.3 tenemos:



Simplificada queda:



Finalmente, al sumar las ecuaciones A y B obtenemos la ecuación (1) que representa la estequiometría de la reacción global : 1 mol de yodato reacciona con 6 de tiosulfato:



El punto final de la titulación es indicado por la desaparición brusca del color azul característico del complejo I_3^- -almidón. Se titula sin indicador hasta que el color amarillento inicial de la solución esté por desaparecer. Al agregar el almidón se forma el color azul y entonces se agregan cuidadosamente las últimas gotas del titulante.

III. PUNTOS CRÍTICOS Y PRECAUCIONES

Las muestras que tengan más de 150 mg de yodo por kg de sal (150ppm) pueden necesitar la adición de más de 5 mL de KI-10%. Cuando se llega al punto final, pruebe agregar un poco más de la solución de yoduro (KI). No debe reaparecer el color azul en la solución que ya estaba incolora. Si reaparece siga titulando con tiosulfato y anote el volumen adicional requerido.

El titulante debe agregarse lentamente, sobre todo cerca del punto final, ya que la desaparición del color azul puede tardarse un poco y se corre el riesgo de agregar un exceso si no se da un margen de tiempo adecuado.

**Determinación de yodato en sal por titulación con tiosulfato de sodio
Método de campo**

IV. EQUIPO Y MATERIALES

- Agitador magnético
- Balones volumétricos de 1000 mL
- Balones volumétricos de 500 mL
- Balones volumétricos de 250 mL
- Beakers de 600 mL
- Beakers de 400 mL
- Beakers de 100 mL
- Beaker plástico de 250 mL
- Beaker de 50 mL
- Embudo de filtración
- Frascos oscuros (100, 250 y 500 mL) para almacenaje de soluciones
- Gotero con tapón de rosca
- Pipetas serológicas de 5 y 10 mL
- Probetas de 500 mL
- Probetas de 250 mL
- Magnetos
- Papel filtro

IV. REACTIVOS

- Acido sulfúrico g.r. (H_2SO_4), 95-97%, 1.84 g/mL, PM 98.08.
- Almidón soluble p.a., ($C_6H_{10}O_5$)n.
- Tiosulfato de sodio p.a. ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$), 99.5%, PM 248.18.
- Yodato de potasio p.a. (KIO_3), >99.9%, PM 214.00.
- Yoduro de potasio (KI) libre de yodato, PM 166.01.
- Azida de sodio anhidra PM: 65.0
- Timerosal $C_9H_9HgO_2S$ na. 98% PM 404.8
- Agua destilada

**Determinación de yodato en sal por titulación con tiosulfato de sodio
Método de campo**

VI. SOLUCIONES

A. Acido Sulfúrico-45% v/v

Precaución

El ácido es corrosivo, deshidratante e irritante para todos los tejidos. Su inhalación puede provocar daño hepático y el contacto con la piel, necrosis. El reactivo concentrado y sus soluciones deben manipularse bajo campana.

Composición

H₂SO₄ 45 mL/100 mL

Preparación

En un beaker graduado de 400 mL agregue 140 mL de agua destilada y 110 mL de ácido concentrado. Enfríe a temperatura ambiente, llegue a la marca de 250 con agua destilada.

Almacenamiento y expiración

Guarde en frasco de vidrio bien tapado, alejado de bases. La solución es estable indefinidamente

B. Solución indicadora de almidón-1%

Composición

Almidón soluble10 g/L
Azida de sodio 2.0 g/L
Timerosal 0.1 g/L

Preparación

En un beaker de 150 mL agregue 1.0 g almidón disolverlo en 100 mL agua caliente. Agregue con movimiento constante esta solución a 50.0 mL de agua. Hierva por unos minutos, enfríe y filtre. Agregue 0.2 g de azida de sodio y 0.01 g de timerosal.

Almacenamiento y expiración

Guarde en gotero. La solución es estable por lo menos durante un mes.

**Determinación de yodato en sal por titulación con tiosulfato de sodio
Método de campo**

C. Soluciones estándar de yodato de potasio

c.1 Yodato de potasio (KIO₃)-0.1N (0.01667 M)

Composición

KIO₃ 0.1 eq/L

Preparación

Seque el reactivo (pureza mayor a 99.9%) en horno a 120°C por 2 horas y enfríe en desecadora. En un beaker de 100mL pese 3.5667 g del reactivo y disuelva con unos 60 mL de agua. Transfiera cuantitativamente a un balón de 1 L y afore con agua destilada.

Almacenamiento y expiración

Guarde en frascos oscuros de 250mL, bien cerrados. Si se usa un frasco a la vez y no tome directamente del frasco, la solución es estable indefinidamente.

c.2 Yodato de potasio (KIO₃)-0.02N (3.33mM)

Composición

KIO₃ 0.02 eq/L

Preparación

En un balón de 250 mL agregue 100 mL de agua destilada y 50 mL de la solución d.1, medidos con pipeta. Afore a 250 mL con agua destilada.

Almacenamiento y expiración

Guarde en frascos oscuros bien cerrado. No guarde esta solución por más de dos meses

**Determinación de yodato en sal por titulación con tiosulfato de sodio
Método de campo**

D. Solución patrón de tiosulfato de sodio

d.1 Solución de Tiosulfato de sodio Na₂S₂O₃-0.2N

Composición

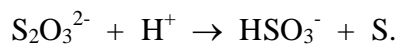
Na₂S₂O₃ 0.2 mol/L

Preparación

En un balón de 500 mL agregue 24.943 g Na₂S₂O₃ .5H₂O, 3-4gotas de cloroformo. Afore a 500 mL con agua destilada.

Almacenamiento y expiración

Guarde en frasco oscuro bien cerrado, a temperatura ambiente. La solución es inestable ya que hay descomposición bacteriana y en presencia de CO₂ se descompone en:



La solución es sensible a la luz. La reacción bacteriana se inhibe agregando el cloroformo. Descarte después de 1 mes.

d.2 Solución de Tiosulfato de sodio-0.02N

Composición

Na₂S₂O₃ 0.02 mol/L

Preparación

En un balón de 500 mL agregue:

200 mL de agua destilada
50.0 mL de la solución e.1 (medidos con pipeta volumétrica). Afore a:
500 mL con agua destilada.

Almacenamiento y expiración

Guarde en frasco oscuro bien cerrado, a temperatura ambiente. La solución es inestable. No guarde la solución por más de 2 meses y valórela cada vez que se haga nuevo lote de muestras.

**Determinación de yodato en sal por titulación con tiosulfato de sodio
Método de campo**

VII. PROCEDIMIENTO

A. Estandarización de la solución “hija” de Tiosulfato de sodio (0.02N)

Todo este procedimiento se hace en triplicado, **cada vez que se corre nuevo lote de muestras.**

1. Transfiera 20.0 mL de la solución de KIO_3 -0.02N (Solución “hija”) a un erlenmeyer de 250 mL y agregue unos 150 mL de agua, 2 mL de H_2SO_4 -2M y 5 mL de yoduro de potasio-10% . Agregue un magneto.
2. Coloque sobre el agitador magnético y titule con la solución de “hija” de tiosulfato de sodio utilizando almidón como indicador, según se indica en el procedimiento para las muestras. Se requieren alrededor de 20 mL de tiosulfato para llegar al punto final.

B. Titulación de las muestras

Cada muestra se hace en duplicado.

1. Mezcle perfectamente la muestra de sal.
2. Con ayuda de una cucharita, coloque la sal dentro un frasco hasta la marca de 50. (aproximadamente 50 g).
3. Pase la sal a un beaker de 250 mL, y agregue agua limpia hasta la marca de 200. Con ayuda de la cucharita disuelva la sal perfectamente.
4. Agregue 5 gotas de Acido. Agite la solución con ayuda de la cucharita con movimientos suaves y con cuidado de no derramarla.
5. Agregue con una cucharita especial, una pizca del reactivo blanco en seco (Yoduro de potasio (KI)). Mezcle perfectamente con ayuda de una cuchara. Si la sal tiene yodo la solución se mostrara amarillenta. Mezcle por aproximadamente 2 minutos.
6. Agregue 20 gotas de la solución indicadora de almidón y continúe la agitación Observará la formación de un color azul.
7. Llene una pipeta de 5.0 mL con la solución de tiosulfato de sodio. Inicie el goteo del tiosulfato de sodio a la solución anterior. Asegúrese de agregar la solución gota a gota y despacio sin dejar de mezclar con movimientos suaves y constantes.

**Determinación de yodato en sal por titulación con tiosulfato de sodio
Método de campo**

8. Cuando observe la desaparición del color azul deje de agregar la solución de tiosulfato de sodio. Anote el volumen final requerido de la solución de tiosulfato de sodio que utilizó para llegar al punto final (cuando desapareció el color azul). Se requieren entre 1.20 y 4.80 mL de titulante para llegar al punto final. Para anotar el volumen utilice el formulario adjunto Anexo No. 1

VIII. CALCULOS

1. La normalidad de la solución “hija” de tiosulfato de sodio es:

$$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (eq/L)}$$

$$= \frac{\text{Vol. (mL) de solución de KIO}_3 \times 10^{-3} \times 0.02 \text{ eq KIO}_3 \times 1 \text{ eq Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{\text{Vol. (mL) de sol de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 10^{-3} \text{ L sol. de KIO}_3 \quad 1 \text{ eq KIO}_3}$$

$$= 20 \times 0.02 / \text{Vol. (mL) de sol de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 10^{-3}$$

$$= 0.4 / \text{Vol. (mL) de sol de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 10^{-3}$$

Se llama $N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ al valor obtenido.

2. El volumen de titulante requerido es entonces:
 $\text{Vol. Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (mL)} = 0.4 / N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (eq/L) teórica}$

$$= 0.4 / 0.02$$

$$= 20.00 \text{ mL.}$$

3. La concentración de las muestras, en mg de yodo (como yodo elemental I) por kilogramo de sal se calcula así:

Concentración (mg/kg)

$$= \frac{\text{Vol. Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (mL)} \times 10^{-3} \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (eq/L)} \times 1 \text{ eq KIO}_3}{\text{Peso analizado de sal (g)} \quad 1 \text{ eq Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

$$\times \frac{1 \text{ mol IO}_3 \cdot \times 126.90 \text{ g I} \times 10^6 \mu\text{g}}{6 \text{ eq IO}_3 \cdot \quad 1 \text{ mol IO}_3 \cdot \quad 1 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}$$

$$= \text{Vol. Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (mL)} \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (eq/L)} \times \frac{126.90 \times 1000}{50 \text{ g de sal} \times 6}$$

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) Laboratorio de Bioquímica Nutricional		Página Revisión No. Fecha: 15/julio/2000 Fecha de aprobación:
Determinación de yodato en sal por titulación con tiosulfato de sodio Método de campo		

$$= Vol. Na_2S_2O_3 (mL) \times N Na_2S_2O_3 (eq/L) \times 423.00$$

Nota: el peso de la sal es aproximadamente 50.0 gramos por lo que se coloca esta cantidad en donde ve el peso para calcular la concentración.

4. El volumen de titulante requerido es entonces:

$$Vol. Na_2S_2O_3 (mL) = Conc. teórica de I (\mu g/g) / (N Na_2S_2O_3 \times 423)$$

Se requieren por lo tanto entre 3 y 12 mL de tiosulfato, para muestras dentro del rango de 30-100 $\mu g/g$.

Rechazo de datos

Si el coeficiente de variación entre las réplicas de la muestra excede el 3% se rechaza el resultado y se repite el análisis.



**Determinación de yodato en sal por titulación con tiosulfato de sodio
Método de campo**

ANEXO A

Formulario para registro y cálculo de la concentración de yodo en muestras de sal

$$\text{Concentración de yodo (mg/kg)} = \text{Vol. Tiosulfato de sodio (mL)} \times \text{Factor}$$

Factor a utilizar

Identificación de la muestra	Volumen de Tiosulfato de sodio (mL)	Concentración de yodo en sal	Observaciones