

ISSN 0041-8811  
DEPÓSITO LEGAL pp 76-654

# Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947  
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



**Ciencias**  
**Exactas**  
**Naturales**  
**y de Salud**

**Año 4 N° 9**  
Mayo - Agosto 2013  
Tercera Época  
Maracaibo - Venezuela

## Concentraciones mínimas y máximas de yodo en la sal para consumo humano

*Egar Sánchez\**  
*Arelis García\**  
*Mary Contreras\*\**

---

### RESUMEN

La regulación oficial establece concentraciones de yodo en la sal para consumo humano, mínimo 40 ppm y máximo 70 ppm. Para verificar su cumplimiento y estudiar el efecto tiempo y temperatura de almacenamiento, se tomaron muestras en tres plantas (A, B, C) del estado Zulia. Se consideraron los tiempos  $t_0=0$ ,  $t_1=2$ ,  $t_2=4$  y  $t_3=6$  meses y las temperaturas  $T_1=32,7^{\circ}\text{C}$  y  $T_2=38,5^{\circ}\text{C}$ . Distribuciones de las concentraciones mínimas y máximas en  $t_0$  y de las diferencias respecto a  $t_0$  fueron estimadas utilizando  $m$  fuera de  $n$  Bootstrap. La norma fue verificada estimando la confiabilidad de estos valores extremos y el efecto tiempo y temperatura usando intervalos Bootstrap (95%). Los resultados muestran la planta A 100% confiable en el cumplimiento de la mínima concentración, mientras que las plantas B y C presentaron confiabilidades poco satisfactorias (29% y 65%). Las concentraciones

\* Unidad de Investigaciones Epidemiológicas. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia. egarsanchez@gmail.com

\*\* Ministerio del Poder Popular para la Salud y División de Postgrado, Facultad de Ciencias Veterinarias LUZ.

máximas en las tres plantas presentaron altos niveles de confiabilidad (100%, 97,40% y 92,74%). Los resultados no mostraron efecto del tiempo y de la temperatura sobre las concentraciones extremas de yodo.

PALABRAS CLAVE: Mínimo, máximo, Bootstrap, sal, concentración de yodo.

## *Minimum and Maximum Iodine Concentrations in Salt for Human Consumption*

### ABSTRACT

---

The official regulation establishes a minimum of 40 ppm and a maximum of 70 ppm for iodine concentration in salt for human consumption. To verify compliance with the norm and to study the effects of time and storage temperature, samples were selected from three plants (A, B, C) in the State of Zulia. The times considered were  $t_0=0$ ,  $t_1=2$ ,  $t_2=4$  and  $t_3=6$  months and temperatures were  $T_1=32.7^\circ\text{C}$  and  $T_2=38.5^\circ\text{C}$ . Distributions of the minimum and maximum concentrations in  $t_0$  and of differences with regard to  $t_0$  were estimated using  $m$  out of  $n$  Bootstrap. The norm was verified estimating the reliability of these extreme values and the time and temperature effect using Bootstrap intervals (95%). Results show that plant A was 100% reliable in complying with the minimum concentration while plants B and C presented reliabilities that were not very satisfactory (29% and 65%). Maximum concentrations in the three plants presented high levels of reliability (100%, 97.40% and 92.74%). The results showed no effect of time or temperature on the extreme iodine concentrations.

KEYWORDS: Minimum, maximum, Bootstrap, salt, iodine concentration.

## Introducción

El yodo es un elemento esencial para el funcionamiento de la glándula tiroidea y para la formación de las hormonas tiroxina (T4) y la triyodotironina (T3); ambas esenciales para el desarrollo del sistema nervioso central, para el crecimiento, la termogénesis y para una serie de funciones metabólicas (Guyton y Hall, 1999; Hetzel, 1983; Luis et al, 2005. La Asamblea Ordinaria N° 43 de la Organización Mundial de la Salud realizada en

Ginebra reconoce los desórdenes por deficiencia de yodo como un problema de salud pública relevante a nivel mundial (World Health Organization, 1990). Existe consenso internacional en que la yodación universal de la sal para consumo humano es la estrategia más efectiva para suministrar los requerimientos mínimos de yodo a la población y así prevenir el conjunto de patologías ocasionadas por la deficiencia de este micronutriente (Anderson et al, 2003; Caballero, et al 2008; Hetzel, 2004; y World Health Organization, 1993). La normativa nacional venezolana establece que, la concentración de yodo agregado a la sal para consumo humano debe estar comprendida entre un mínimo de 40 ppm y un máximo de 70 ppm (Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN, 1995). Valores entre el mínimo y el máximo resultan de gran importancia para la salud, mientras que cifras superiores a 70 ppm están relacionadas con costos de producción, eficacia y optimización del proceso.

La importancia de estudiar la concentración de yodo en la sal se fundamenta en la necesidad de verificar el cumplimiento de la normativa oficial por parte de las plantas procesadoras. En relación a éstas es oportuno mencionar que no es suficiente demostrar si en promedio la norma es respetada, ya que es posible que en diversas muestras de sal se pueda estar cumpliendo la norma en su valor promedio, pero incumpléndola en su valor mínimo, en su valor máximo o en ambos. Por esta razón, se hace necesario conocer la distribución que describe el comportamiento probabilístico del valor mínimo y máximo de las concentraciones de yodo en la sal y para lo cual la estadística de valores extremos es la metodología más adecuada (Gumbel, 2004).

Para estimar las distribuciones antes mencionadas existen dos enfoques: El Paramétrico, que asume una forma funcional específica para el modelo de probabilidad buscado; y el No Paramétrico, donde la forma de la distribución no es definida a priori, es determinada por los datos observados. Dentro del primer enfoque es muy utilizada la Distribución Generalizada de Valores Extremos (DGVE), la cual combina dentro de un mismo modelo, las tres distribuciones clásicas frecuentemente utilizadas para modelar el mínimo y el máximo observado en un conjunto de muestras independientes (Kotz y Nadarajah, 2000). Los tres casos que agrupa la DVGE son referidos como distribución TIPO I (Gumbel), Tipo II (Frechet) y TIPO III ( Weibull ).

Para la presente investigación la DGVE puede no ser conveniente porque ella depende de la distribución de donde proceden las muestras, es decir, si un número de muestras son seleccionadas de una Distribución Normal, el ajuste de la DGVE conlleva a la Distribución TIPO I; a la TIPO II si proceden de una Distribución *t* de student y a una TIPO III si provienen de una Distribución Beta. Como puede suceder que la distribución de origen no se corresponda con ninguna de las formas antes descritas, o asumir la forma de esta distribución son supuestos difíciles de justificar, los modelos clásicos de Gumbel, Frechet y Weibull pueden no resultar convenientes para representar la distribución de probabilidad de las concentraciones mínimas y máximas de yodo en la sal para consumo humano.

En el caso No Paramétrico se dispone de los métodos de remuestreo. Aunque existen varios procedimientos de remuestreo, el método Bootstrap es el más conocido (Sing y Xie, 2009 y Efron, 1979) y utilizado con mucho éxito en el campo de las investigaciones médicas (Guzmán, 2011), epidemiológicas (Torres, 1997) y de la biología (Miranda, 2003), entre otras. En este enfoque la distribución se determina simulando un número elevado de muestras aleatorias (llamadas muestras Bootstrap), del mismo tamaño de la muestra original y con reposición, construidas todas a partir de la muestra observada que se asume es representativa de la población. Algunas modificaciones del método Bootstrap se han hecho con el fin de mejorar su desempeño y adaptarse a algunas situaciones particulares. En este sentido, la variante llamada *m* fuera de *n* Bootstrap (MFNB), es la recomendada para estimar la distribución de los valores máximos y mínimos (Chernick, 2008).

Considerando que el método NFMB puede resultar más práctico para solucionar problemas inherentes a la distribución del máximo y del mínimo, solo requiere de una muestra y de un algoritmo computacional para simular la extracción de las mismas, en el presente trabajo se definieron los siguientes objetivos: 1) Utilizar el método MFNB, para estimar la distribución de las muestras de las concentraciones máximas y mínimas de yodo en la sal para consumo humano en tres plantas procesadoras del estado Zulia. 2) Una vez conocida estas distribuciones, determinar la confiabilidad de la concentración máxima y mínima de yodo en la sal. Definida la confiabilidad como la probabilidad de que el máximo de una muestra seleccionada al azar no supere el valor de 70 ppm y la probabilidad de que

el mínimo de una muestra aleatoria no sea inferior a un valor de 40 ppm.  
3) Determinar el efecto de las variables tiempo y temperatura de almacenamiento sobre las mínimas y máximas concentraciones de yodo en la sal.

## 1. Aspectos teóricos

El Bootstrap clásico de Efron (1979) constituye una buena opción para hacer una estimación empírica de la distribución del muestreo de un estadístico, que básicamente es válida para resolver problemas de incertidumbre. El Bootstrap convencional se fundamenta en que siendo la muestra representativa de la población, se asume que en si misma ella es la población; es así como a partir del uso de técnicas de simulación se extraen de ella un gran número de muestras del mismo tamaño de la muestra original, de manera aleatoria y con reposición. Estas muestras llamadas remuestras y también muestras Bootstrap, constituyen una estimación empírica de la distribución del muestreo del estadístico correspondiente.

El Bootstrap permite estimar la distribución de un estadístico sin utilizar análisis matemático, en oposición a esto requiere un gran esfuerzo computacional para hacer el trabajo de simulación del remuestreo. Sin embargo, actualmente no existen limitaciones en cuanto a la alta capacidad y velocidad de los modernos equipos y programas de computación para implementar esta tarea.

La metodología Bootstrap produce resultados satisfactorios en muchas aplicaciones y específicamente para algunos estadísticos como la media y la desviación estándar. No obstante, genera resultados inconsistentes cuando se trata de analizar estadísticos como el mínimo y el máximo (Angus, 1993). Dada esta situación, se han desarrollado variaciones al método original con el fin de mejorar su desempeño en estas situaciones particulares. En este sentido, la variante MFNB es la recomendada para estimar la distribución de los valores máximos y mínimos (Chernick, 2008). La principal diferencia entre ambos métodos radica en que el MFNB utiliza remuestras con un tamaño ( $m$ ) menor a la muestra original ( $m < n$ ), en consecuencia, el método requiere de la selección adecuada del valor  $m$  en un número grande de muestras Bootstrap.

## 2. Metodología

Se cuenta con datos de tres plantas (A, B, y C) procesadoras de sal ubicadas en el estado Zulia. De cada planta se seleccionó de un mismo lote y de manera aleatoria, 400 muestras (empaques) de sal. Considerando que a nivel de consumidor el producto alimenticio es almacenado por tiempo prolongado y en ambientes con temperaturas altas, se estudió el efecto de las variables tiempo y temperatura de almacenamiento sobre la concentración mínima y máxima de yodo. Para ello se asumieron cuatro tiempos:  $t_0 = 0$ , relativo al momento en que se seleccionaron las muestras después de finalizado el proceso de empaque,  $t_1 = 2$  meses,  $t_2 = 4$  meses y  $t_3 = 6$  meses de almacenamiento de las muestras. Estas fueron almacenadas de manera simultánea a dos temperaturas diferentes: ambiente ( $T_1 = 32,7$  °C en promedio) y controlada con valor promedio de  $T_2 = 38,5$  °C simulando así la temperatura de la cocina. En la tabla 1 se presenta la distribución de las muestras correspondiente a cada planta según tiempo y temperatura.

Siguiendo las recomendaciones de Chernick (2008), la distribución del muestreo de la mínima y máxima concentración de yodo para el momento fue generada utilizando el método MNFB. Se decidió un número de 5000 muestras Bootstrap. El valor de  $m$  fue seleccionado utilizando el Bootstrap convencional en diferentes fracciones de  $n$  (Singh, 2009). En total se probaron 20 fracciones de  $n$  (5, 10, 15, 20, ... 100%) para elegir entre ellas el valor apropiado de  $m$ .

TABLA 1. Distribución de las muestras para cada planta según tiempo y temperatura de almacenamiento

Tiempo de almacenamiento (meses)	Temperatura de almacenamiento (°C)		
	$T_1 = 32,7$ (Ambiente)	$T_2 = 38,5$ (Cocina)	Total
$t_0 = 0$	100	-	100
$t_1 = 2$	50	50	100
$t_2 = 4$	50	50	100
$t_3 = 6$	50	50	100
Total	250	150	400



Para implementar el método MFNB y en consecuencia la selección del valor de  $m$ , se utilizó el programa MATLAT (2008) con la siguiente secuencia de pasos: a) de las muestras correspondientes al momento  $t_0 = 0$ , se tomó la primera fracción de  $n$ , b) para esta porción de  $n$  se generaron 5000 muestras Bootstrap y en cada muestra extraída se determinó el mínimo. Estos valores constituyen la estimación empírica de la distribución del mínimo, c) Se calculó la media ( $\mu_B$ ) de las distribuciones empíricas, el error estándar ( $\sigma_B$ ), la suma del cuadrado del error ( $SCE_B$ ), y el sesgo ( $S_B$ ). Estos valores fueron usados como medidas de discrepancias entre las distintas distribuciones a determinar (Simar, 2011), d) se repitieron los pasos anteriores para las otras fracciones de  $n$ , e) se seleccionó el valor de  $m$  entre las diversas fracciones de  $n$  ensayadas. Fue elegida como  $m$  la fracción de  $n$  que mostró medidas de discrepancias similares entre distribuciones vecinas (Simar, 2011) y f) la distribución correspondiente al valor  $m$  elegido constituyó la distribución estimada del mínimo por MFNB. Igual procedimiento fue empleado para el máximo.

Obtenida la distribución de las muestras de la concentración máxima y mínima de yodo en la sal, se determinó la confiabilidad de la concentración máxima de yodo en el momento  $t_0 = 0$  por el concepto de probabilidad frecuencial, es decir, por la cantidad de veces que ocurrió el evento  $x \leq 70$  entre 5000 repeticiones del experimento. De manera similar, la confiabilidad de la concentración mínima de yodo en  $t_0 = 0$ , se determinó utilizando el enfoque de frecuencia relativa para el evento  $x \geq 40$ .

El efecto simultáneo de los factores tiempo y temperatura de almacenamiento sobre las concentraciones mínimas y máximas de yodo en la sal, se estudió estimando la distribución de las diferencias de los mínimos y de los máximos; diferencias estas, tomadas siempre con relación a  $t_0 = 0$ . De esta manera, las distribuciones de las diferencias estimadas fueron entre los tiempos  $t_2 - t_0$ ,  $t_4 - t_0$  y  $t_6 - t_0$ , y, para las muestras expuestas a ambas temperaturas, ambiente ( $T_1$ ) y cocina simulada ( $T_2$ ).

La construcción de la distribución de las diferencias se hizo según el siguiente algoritmo (Gil, 2003): a) se mezclaron las dos muestras  $n_1 = 50$  y  $n_2 = 100$  para dar origen a una sola muestra  $n = 150$ , b) se simuló una muestra Bootstrap de tamaño  $n$ , los 50 primeros elementos se asignaron a  $n_1$  y a  $n_2$  a los 100 restantes, c) se determinó el mínimo de  $n_1$  y  $n_2$  así como su diferencia ( $Min(n_1) - Min(n_2)$ ) y d) este proceso fue repetido en 5000 muestras Bootstrap e) finalmente se utilizó el método



MFNB, tal y como fue explicado anteriormente, para construir la distribución muestral de las diferencia de los mínimos. El mismo procedimiento fue realizado para la distribución de la diferencia de los máximos.

Determinadas las distribuciones de las diferencias, se consideró el siguiente sistema general de hipótesis:

$H_0$ : Ambas muestras proceden de la misma población y en consecuencia no se puede considerar que existe un efecto tiempo - temperatura en las concentraciones máximas y mínimas de yodo.

$H_1$ : Ambas muestras no proceden de la misma población, por lo tanto, las concentraciones mínimas y máximas de yodo no pueden considerarse similares y la diferencia observada es debido al efecto de los factores correspondientes.

Finalmente, la prueba de  $H_0$  se realizó utilizando intervalos de confianza Bootstrap del 95% en la distribución de las diferencias, basado en el 2,5 y 97,5 percentil. Si el intervalo Bootstrap incluye el cero, la hipótesis nula no se rechaza y por lo tanto, las dos muestras consideradas provienen de una población común; por el contrario, si el intervalo Bootstrap no incluye el cero, las muestras provienen de poblaciones diferentes, se rechaza  $H_0$  y se confirma el efecto de los factores considerados.

### 3. Resultados y discusión

Los valores de confiabilidad, la media y desviación estándar de las distribuciones de frecuencias Bootstrap para la mínima concentración de yodo en la sal para las plantas que participan en este estudio se visualizan en la tabla 2. Del análisis resulta claro que, las plantas B y C no cumplen con la normativa nacional en cuanto a las concentraciones mínimas de yodo establecidas en 40 ppm. Esto es demostrado al observar en la misma tabla, que el promedio de las concentraciones de yodo correspondiente a la planta B se ubicó en 32,84 y en 40,48 ppm para la planta C. Además, variabilidades de 7,52 y 8,39 ppm encontradas en la planta B y C, respectivamente, confirman que una cantidad significativa de las muestras estudiadas contienen concentraciones de yodo por debajo del límite mínimo establecido. En contraste, la planta A mostró en la distribución de los valores mínimos un promedio de 49,35 ppm con una variabilidad pequeña que está en el orden de 1,71 ppm, lo que indica un evidente acatamiento a la regulación oficial.

TABLA 2. Confiabilidad, media y desviación estándar de la distribución de las concentraciones mínimas de yodo en la sal para consumo humano

Tiempo de almacenamiento	Plantas	Distribución de los mínimos		
		Confiabilidad (%)	$\bar{x}$	s
$t_0 = 0$	A	100	49,35	1,71
	B	29,11	32,84	7,52
	C	65,28	40,48	8,39

En cuanto a la distribución de las concentraciones máximas (tabla 3), se observa que entre todas las plantas estudiadas, nuevamente la planta B muestra los valores más desfavorables, una distribución con valor promedio de 41,34 ppm y desviación estándar de 8,18 ppm. Estos valores revelan que aun en la distribución de los máximos, la planta B difícilmente cumple con el mínimo establecido. Una situación menos desfavorable se presenta en la planta C donde la distribución de los máximos, con una concentración promedio de 51,27 ppm y desviación estándar de 5,20 ppm, parece mostrar valores aceptables para el máximo contenido de yodo en la sal. Con respecto a la planta A, igual que en la distribución de los mínimos, en la distribución de los máximos esta planta reporta los mejores valores promedio y de variabilidad. En resumidas cuentas la planta A es la más consistente en cuanto a las concentraciones mínimas y máximas de yodo; y las plantas B y C con mayores valores de variabilidad se notan menos estables y más diversas en cuanto a las concentraciones máximas y mínimas de yodo y, en consecuencia, más propensas a permanecer fuera de la norma oficial COVENIN.

En cuanto a los valores de confiabilidad para la mínima concentración de yodo establecida en las normas oficiales, la tabla 2 permite apreciar que la planta A refiere valores del 100%. Cifras inferiores se encontraron en las plantas B y C con confiabilidades del 29,11% y 65,28% respectivamente. Estos resultados ponen de manifiesto el cumplimiento de la norma COVENIN por parte de la planta A. No obstante, la baja confiabilidad encontrada en la planta C, revela que sólo el 65,28% de los empaques de sal presentan concentraciones de yodo superior a 40 ppm, mientras que en la planta B aproximadamente el 71% de los empaques de sal se mercadean con concentraciones de yodo inferior al valor mínimo establecido.

TABLA 3. Confiabilidad, media y desviación estándar de la distribución de las concentraciones máximas de yodo en la sal para consumo humano

Tiempo de almacenamiento	Plantas	Distribución de los máximos		
		Confiabilidad (%)	$\bar{x}$	s
$t_0 = 0$	A	100	53,59	2,90
	B	97,40	41,34	8,18
	C	92,74	51,27	5,20

En lo que se refiere a la confiabilidad del máximo permitido, la tabla 3 refleja valores de confiabilidad del 100% para la planta A, seguida de la planta B con un 97,40% y para la planta C con un 92,74 %. Estos resultados sugieren que las tres plantas son confiables en cuanto al cumplimiento de las concentraciones máximas de yodo en la sal para consumo humano.

Con el fin de facilitar el análisis de los datos, se utilizó el diagrama de cajas para representar la distribución de las concentraciones mínimas y máximos de yodo en la sal para consumo humano. Al respecto en la figura 1, se puede apreciar que para el caso de las concentraciones mínimas, la distribución es asimétrica en las tres plantas. Es así como en las plantas A y C, la cola de dichas distribuciones son alargadas hacia la izquierda y en la planta B es sesgada hacia la derecha. De este comportamiento quedan en evidencia los hallazgos presentados en la tabla 2 en lo referente a la confiabilidad de un ciento por ciento de la planta A, ya que la distribución de las concentraciones mínimas de yodo está por encima de 40 ppm y con pequeña variabilidad. No obstante las plantas B y C en sus distribuciones, registran valores que alcanzan la cifra de 10 ppm. Es importante mencionar que en la planta B el 71% (100%-29,11%) de la distribución se ubicó por debajo del límite mínimo establecido de 40 ppm, mientras que en la planta C se encontraron cifras del 35% (100%-65,28%).

En lo que se refiere a las distribuciones de las máximas concentraciones de yodo, en la figura 2 se aprecia que en las tres plantas la distribución es asimétrica, con tendencias sesgadas hacia la derecha, pero con variabilidades diferentes. Esta es marcadamente menor en la planta A, seguida de la C; mientras que la B presenta la mayor dispersión. Este comportamiento permitió conocer que en las plantas B y C el 2,3 % (100%-97,74%) y el 7.3 % (100%-92,74%) de los empaques de sal respectivamente se comercializan con concentraciones de yodo que superan el límite máximo establecido de 70ppm.

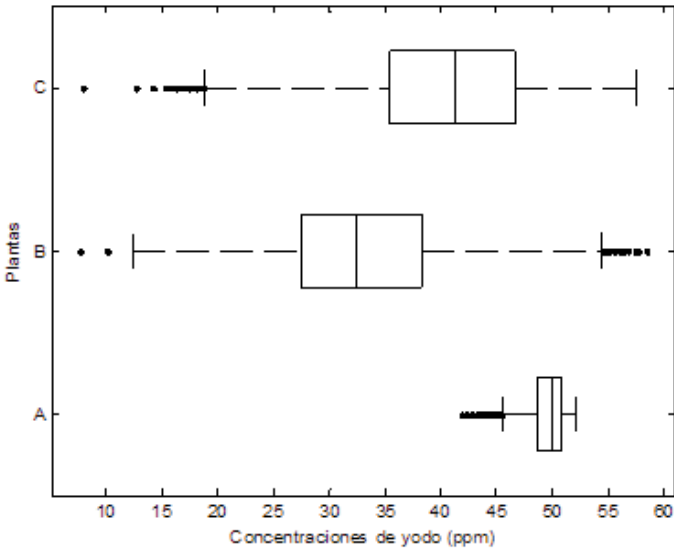


FIGURA 1. Distribución de las concentraciones mínimas de yodo en la sal para consumo humano

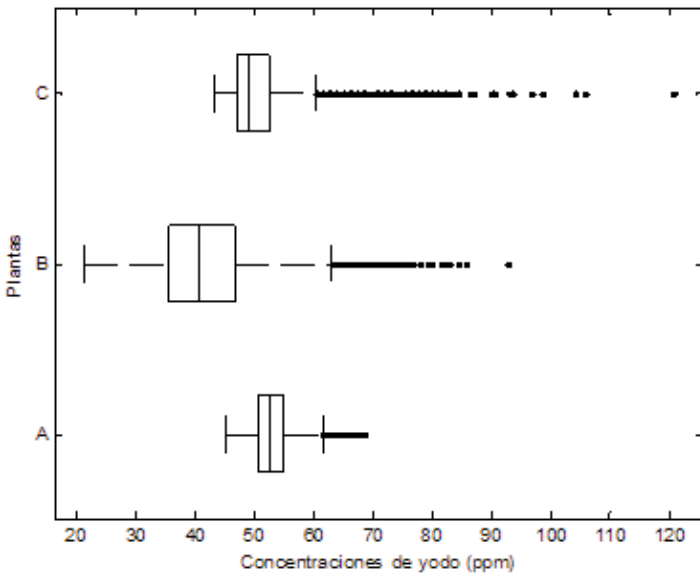


FIGURA 2. Distribución de las concentraciones máximas de yodo en la sal para consumo humano

En cuanto a la planta A, la misma figura muestra que la distribución de las concentraciones máximas de yodo se encuentra por debajo de 70 ppm hasta una cifra no menor de 45 ppm.

El análisis realizado para evaluar el efecto tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente en las concentraciones mínimas y máximas de yodo se aprecian en la tabla 4. Se muestran los intervalos Bootstrap del 95% de confianza para la distribución de las diferencias de los mínimos y de los máximos entre los tiempos  $t_6 - t_0$ . En virtud que para el mínimo y para el máximo de cada planta, los intervalos de confianza incluyen el cero, se demostró que la sal conservada a temperatura ambiente ( $T_1$ ) y por un tiempo igual a los 6 meses, no mostró cambios en las concentraciones mínimas de yodo.

Resultados similares fueron encontrados en las concentraciones mínimas y máximas de yodo cuando la sal es guardada por un tiempo igual a 6 meses y almacenada a temperaturas, que simulan el ambiente de la cocina ( $T_2$ ). En relación a esto los resultados se muestran en la tabla 5 e igualmente se infiere que no existen diferencias entre las concentraciones mínimas y entre las concentraciones máximas de yodo, cuando la sal es almacenada a temperatura que simula el ambiente de la cocina y por un tiempo igual a 6 meses. Por consiguiente, la relación tiempo de almacenamiento y temperatura no alteran las concentraciones mínimas y máximas de yodo del producto.

TABLA 4. Intervalos Bootstrap del 95% de confianza para la distribución de las diferencias de mínimos y máximos entre los tiempos  $t_6 - t_0$ .  
Temperatura ambiente

Planta	Diferencia entre tiempos	Intervalo Bootstrap del 95% de confianza			
		Distribución de las diferencias de los mínimos		Distribución de las diferencias de los máximos	
		Lim. Inf	Lim. Sup.	Lim. Inf	Lim. Sup.
A	$t_6 - t_0$	-2,75	2,11	-1,27	2,77
B	$t_6 - t_0$	-5,08	2,96	-5,29	9,52
C	$t_6 - t_0$	-17,01	13,59	-21,37	24,33

TABLA 5. Intervalos Bootstrap del 95% de confianza para la distribución de las diferencias de mínimos y máximos entre los tiempos  $t_6 - t_0$ .  
Temperatura controlada

Planta	Diferencia entre tiempos	Intervalo Bootstrap del 95% de confianza			
		Distribución de las diferencias de los mínimos		Distribución de las diferencias de los máximos	
		Lim. Inf	Lim. Sup.	Lim. Inf	Lim. Sup.
A	$t_6 - t_0$	-4,23	2,75	-5,77	7,62
B	$t_6 - t_0$	-3,59	5,51	-5,29	10,26
C	$t_6 - t_0$	-4,23	11,19	-21,37	24,55

## Conclusiones

La planta A resultó absolutamente confiable para la mínima concentración de yodo, mientras que las plantas B y C resultaron poco confiables. Las tres plantas presentaron altos niveles de confiabilidad para las concentraciones máximas de yodo.

En las plantas B y C, el 2,3% y el 7,3 % de los empaques de sal se comercializan con concentraciones de yodo que superan el límite máximo de 70 ppm. Dados estos niveles bajos no es posible decir que presentan costos innecesarios producto de un exceso de yodo agregado a la sal.

La planta A es la más estable en cuanto a las concentraciones mínimas y máximas de yodo. Por el contrario, la distribución de las concentraciones mínimas y máximas en las plantas B y C mostraron mayor variabilidad y en consecuencia, refieren ser menos estables, más heterogéneas y menos confiables en lo que concierne a las concentraciones mínimas y máximas de yodo requeridas.

La conservación de la sal a temperatura ambiente y controlada y por un tiempo menor o igual a seis meses no ocasiona cambios en las concentraciones mínimas y máximas de yodo.

## Recomendaciones

Es necesario que las plantas B y C mejoren sus índices de calidad en el sentido de disminuir la variabilidad y aumentar considerablemente la concentración de yodo promedio. Para esto se requiere actualizar los procesos de adición de yodo por parte de estas plantas procesadoras de sal, evaluar la concentración y el nivel de pureza del yoduro y yodato de potasio usados en el fortalecimiento de la sal, garantizar y facilitar a las plantas procesadoras de sal el suministro oportuno del aditivo alimentario y fortalecer la vigilancia y el control de los procesos de producción por parte de los organismos oficiales.

## Referencias

- Anderson, M., Takrouche, B., Egli, I. y Benoist, B de. (2003). The WHO Global Database un iodine Deficienci Disorders: The importance of monitoring iodine nutrition. *Scand. J. of Nutr.* Vol. 47 (4): 162- 166.
- Angus, J. E. (1993). Asymptotic theory for bootstrapping the extremes. *Communications in Statist. Theory and Methods.* Vol. 22:15-30.
- Caballero, L., Quintero, M., Guerra, I., Calderon, Y., Carrillo, A., Medina, O. y Pérez, A. (2008). Yoduria. Excreción urinaria de yodo en escolares de comunidades indígenas de la Cuenca del río Orinoco en Venezuela. *Revista Electrónica de Portales Médicos.* 12p. En línea: <http://www.portalesmedicos.com/publicaciones>. 20 de Julio de 2012
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (1995). Sal comestible. 179-95. Caracas, Venezuela. 5p.
- Chernick, M. (2008). Which Resampling Method Should You Use?. *Bootstrat Methods, A Guide for Practitioners and Researchers.* Wiley Series in Probability and Statistics. 2<sup>nd</sup> Ed. New Jersey, pp 114-126.
- Efron, B. (1979). Bootstrap methods: Another look a the Jackknife. *The Annals of statistics.* Vol. 7:1-26.
- Gil, J. (2003). Aplicación del método Bootstrap al Contraste de Hipótesis en la Investigación Educativa. *Revista de Educación.* España. Vol. 336:251 – 265.
- Gumbel, E. J. (2004). Exact Distribution of Extremes. *Statistic of Extremes.* Dover Publications, INC. Mineola, New York. pp 75-112.
- Guyton, A., y HALL, J. (1999). *Hormonas metabólicas tiroideas. Tratado de Fisiología Médica.* 9na Ed.. Interamericana McGrawhill. México, pp 1033- 1046.



- Guzmán, G. P. (2011). Evaluación del Bootstrap para la Estimación de Percentiles Extremos. Aplicación en Intervalos de Referencia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Escuela de Estadística. Tesis de Grado, Medellín Colombia. 40 p.
- Hetzel, B. (1983). Iodine deficiency disorders (IDD) and the eradication. *Lancet*. Vol. 2(1): 126-129.
- Hetzel, B. (2002). Eliminating iodine deficiency disorders: The role of the International Council in the global partnership. *Bull World Health Organ*. Vol. 80 (5): 410-412. En línea: [http://www.scielo.org/scielo.php?pid:S004268620020005000148script=sciarttext](http://www.scielo.org/scielo.php?pid=S004268620020005000148script=sciarttext). 24 de Junio de 2009
- Hetzel, B. (2004). The Nature y Magnitude of the Iodine Deficiency Disorders (YDD). Towards the Global Elimination of Brain Damage due to Iodine Deficiency. Oxford. University Press. pp 1-20.
- Kotz, S. y NADARAJAH, S. (2000). Generalized Extreme Value Distributions. Extreme Value Distributions. Theory and Applications. Imperial College Press, London, pp 61-89.
- Luis, D de., Aller, R. y IZAOLA, O. (2005). Problemática de la deficiencia de yodo durante la gestación. *An. Med. Interna*. Madrid. Vol 22 (9): 445-448.
- Matlab (2008). The Lenguaje of Technical Computing. The Math Works. Version 7.6.0.324 (R2008a).
- Miranda, A. (2003). El método de Remuestreo y su Aplicación en la Investigación Biomédica. Ministerio de Salud Pública, Escuela Nacional de Salud Pública "Carlos J. Finlay", Trabajo de Grado Ciudad la Habana, 142 p.
- Simar, L. y WILSON, P. W. (2011) Inference By the m out of n Bootstrap in Nonparametric Frontiel Models. *J of Product Analysis*. Vol. 36 (1):33-53.
- Singh, K. y XIE, M. (2009). Bootstrap: A Statistical Method. Rutgers University. Department of statistics. En línea: <http://www.stat.rutgers.edu/home/mxie/stat586/handout/Bootstrap1.pdf>. 16 de Junio de 2012.
- Torres, R. E. (1997). Distribución del Índice de Acuerdos en Diagnósticos A, Vía Bootstrap. Instituto de Estadística Aplicada y Computación Universidad de los Andes. *Rev. Econom*. Vol. 13:205-228.
- World Health Organization. (1990). Resolution WHA 43.2. WHO Feature. N° 143.
- World Health Organization (1993). Global Prevalence of iodine deficiency Disorders. Micronutrientis Deficiency Information System. 11p.