

Determinación potenciométrica de yodo en sal de cocina en la ciudad de Barranquilla

JOSE O. CARRILLO R.¹, ANTONIO R. SERRANO²,
LUIS M. VALDES C.³, CARLOS CURE CURE⁴ Y CARLOS HERNANDEZ CASSIS⁵

Objetivos: Evaluar concentraciones de yoduros en muestras de sal de la Costa Norte colombiana. Evaluar el método potenciométrico del ión específico para la detección de yoduro empleando la adición conocida.

Materiales y métodos: En forma aleatoria se recolectaron 3 muestras de sal de fuentes naturales: Galerazamba, Isla Salamanca y Manaure y 26 muestras de sal de cocina: 3 de la empresa Alcalis de Colombia y 23 de supermercados de Barranquilla. Se empleó el método potenciométrico con un ionómetro Orión 701-A y un electrodo específico para dosificar yodo.

Todas las muestras se procesaron en triplicado y fueron comparadas con la norma Icontec 1254 (50 mg de yodo/kg de sal).

Resultados: El método empleado produjo resultados exactos, reproducibles y sensibles. De las 26 muestras de sal de cocina analizadas, 24 no cumplieron con los requisitos mínimos Icontec. Las únicas que cumplieron fueron una de las 3 muestras de Alcalis de Colombia (Planta Mamonal, Cartagena) y otra de una firma de Barranquilla (Sal marca "No. 1"), lo cual indica que el 92.30% de las muestras analizadas presentaron deficiencia de yodo. Se obtuvo una precisión del 89.60% en los valores de yoduro, puesto que 3 de 78 valores analizados estuvieron fuera de los límites de los rangos de control.

Palabras claves: Yodo, análisis potenciométrico, deficiencia de yodo, bocio.

Introducción

A pesar del significativo progreso logrado en las dos últimas décadas en el control del bocio endémico, la deficiencia nutricional de yodo, como causa de bocio, todavía persiste como un problema serio de salud pública en algunos países de las Américas. Aun en aquellos países que han tenido éxito en reducir su prevalencia a niveles inferiores a los considerados como problema de salud pública, existe la posibilidad de una recurrencia del problema si las medidas de seguimiento y control de los programas no se ejecutan adecuadamente (1) (2).

La sal es consumida diariamente por todas las personas en cantidades más o menos constantes; por consi-

guiente, es el vehículo más práctico para la fortificación con compuestos yodados que provean una cantidad no menor de 150 microgramos y no mayor de 1.000 microgramos por día por persona (3) (4).

La fortificación de sal con yodo suele efectuarse empleándose yoduros o yodatos de potasio. El yoduro de potasio es muy empleado como suplemento para la sal refinada. La elevada solubilidad del yoduro resulta muy ventajosa para su preparación y su dispersión con atomizadores en cristales muy secos. Sin embargo, se producen pérdidas en el yodo con este método cuando existe mucho calor, la sal está húmeda, hay exposición al sol o a ventilación excesiva (5).

El yodato de potasio es un compuesto sumamente estable raramente afectado por las impurezas cuya baja solubilidad en agua le confiere otra ventaja, que tiene muy poca tendencia a emigrar, y su eliminación de la sal yodada no es fácil.

La OMS (6) aprueba y recomienda este compuesto como inocuo si se emplea adecuadamente. El yoduro de potasio es más barato que el yodato de potasio, por

- 1., 2., 3. Químicos farmacéuticos. Universidad de Atlántico, Barranquilla.
 4. Médico endocrinólogo. Profesor endocrinología, Universidad Metropolitana, Barranquilla.
 5. Médico endocrinólogo. Profesor endocrinología, Universidad del Norte, Jefe Dpto. Clínicas Médicas, ISS, Barranquilla.
- © Universidad del Norte.

su mayor contenido de yodo. Sin embargo, su empleo para la yodación de la sal resulta más costoso, a causa de la necesidad de agregar estabilizadores. Los volúmenes de producción de cloruro de sodio desde 1976 a 1983 con un promedio de producción anual de 1.128.000 toneladas, mostraron que sólo al 15% de esa cantidad se le adicionó yodo (5) (6) (7) (8).

En este trabajo quisimos evaluar el contenido de yodo en la sal utilizando un método sencillo, preciso y exacto.

Materiales y métodos

Se evaluaron 29 muestras de sal recolectadas en forma aleatoria, las cuales fueron analizadas por triplicado; tres de las muestras originales fueron directamente de las fuentes naturales: Galerazamba, Manaure, Isla de Salamanca (Tasajera, Magdalena). Las 26 muestras restantes incluyeron 3 muestras de la empresa Alcalis de Colombia y 23 muestras de las diferentes marcas, tomadas al azar, de supermercados y expendios de la ciudad de Barranquilla.

Para la dosificación del contenido de yodo en la sal se utilizó el método potenciométrico, empleando un ionómetro específico, un electrodo de ión específico para yoduros de un ión simple. Se calibró el método empleando la adición conocida; también se efectuó determinación de la concentración de yoduro en dos muestras de cloruro sódico a las cuales se les añadió una cantidad establecida del yoduro de potasio (9). La potenciometría se utilizó para establecer una diferencia que sirviera como base para la determinación de la concentración de yodo en una solución.

Las concentraciones iónicas activas fueron determinadas por mediciones de las concentraciones de potencial acudiendo a combinaciones apropiadas de electrodo de referencia y electrodo indicador en una celda que contenía yodo (9)(10).

Se utilizó la ecuación de NERST para determinar el potencial del proceso electroquímico, el cual es dependiente de las actividades de las sustancias que toman parte en la reacción de acuerdo a la ecuación:

$a = f.c,$ donde,

$a =$ Actividad de una especie iónica

$c =$ Concentración

$f =$ Factor de actividad

Con relación a la exactitud del método, éste permitió obtener errores que no excedieron el 0,1 por 100 en un intervalo de concentración de 1 a 0,1 M.

La sensibilidad del método estuvo limitada primordialmente por la dificultad inherente a la preparación y conservación de soluciones diluidas de reactivo (menor de 10^{-2} a 10^{-3} m). Se han desarrollado microtécnicas de valoración de pequeños volúmenes. La selectividad del

método puede evaluarse a través de la obtención de curvas de valoración escalonadas. En los análisis de mezclas fue necesario, frecuentemente, hacer preparaciones previas.

La verificación de la operación correcta del electrodo se hizo a través de la curva de calibración. Los equipos y materiales utilizados fueron: una balanza analítica Mettler H-31, ionómetro específico para yoduros, modelo 701-A digital, electrodo de referencia, electrodo ión selectivo para yoduro de unión simple. Patrones de yoduro de potasio (R.A.) de 10-100 y 1.000 mg/L; solución ISA (*Ionic Strength Adjuntors*): $\text{Na}_2 \text{HPO}_4$ (50g) + $\text{KH}_2 \text{PO}_4$ (50g); solución acondicionadora; $\text{Na}_2 \text{HPO}_4$ (10g) disuelta en agua; alcohol polivinílico (1.5 g) disuelto en 100 cc de H_2O hirviendo; solución de remojo; solución patrón de yoduros de 1.000 ppm.

Los resultados obtenidos fueron comparados con la norma de Icontec 1254 para control de calidad (11).

Resultados

En la tabla 1 se muestra la procedencia y la marca de la sal.

En la tabla 2 observamos los resultados obtenidos del contenido de yodo en la sal de todas las muestras.

En la tabla 3 puede observarse los datos de concentración de yoduro para las gráficas de control.

En la tabla 4 se muestra la probabilidad de la muestra con respecto a la norma de Icontec 1254 (50-100 ppm).

De las 26 muestras de sal de cocina analizadas, 24 no cumplieron con los requisitos mínimos Icontec (50 mg de yodo/kg de sal). Las únicas que cumplieron fueron una de las 3 muestras de Alcalis de Colombia (Planta Mamonal de Cartagena) y otra de una firma comercial de la ciudad de Barranquilla, sal refinada marca "No. 1", lo cual quiere decir que el 92.30% de las muestras analizadas presentaron deficiencia en el contenido de yodo. Se obtuvo un porcentaje de precisión de 89.60% de los valores en ppm de yoduro, puesto que de 78 valores analizados, sólo 3 estuvieron fuera de los límites de control de los rangos.

Discusión

La prevención del bocio endémico por yododeficiencia radica principalmente en el aumento de la ingesta de yodo por la población que vive en el área bociosa (12) (13).

Los dos enfoques para aumentar la ingesta de yodo son: su adición a los alimentos, especialmente a la sal común, y la administración de compuesto yodados por la vía oral o parenteral (3) (4).

El método más efectivo y económico de prevención del bocio endémico es la fortificación de la sal con yodo utilizando yoduro o yodato de sodio o de potasio. La

mezcla de un compuesto yodado con la sal es simple y no produce reacciones químicas adversas.

La sal que produce Alcalis de Colombia en Cartagena es yodada con solución de yoduro de potasio cuando sale de las centrífugas con un 2% de humedad e inmediatamente antes de entrar a los secadores de aire caliente con lecho fluidizado. Los operadores toman muestras cada dos horas y a la vez controlan el flujo de la dosificación de yodo.

A pesar de ello, de las 3 muestras estudiadas de Alcalis de Colombia sólo una cumplió con los requisitos de la norma Icontec 1254. Esto sugiere que un alto porcentaje de su producción no cumple con los requisitos mínimos de 50 mg de yodo/kg de sal.

Por otra parte, de las 23 muestras de sal de cocina recolectadas en los supermercados de la ciudad de Barranquilla, sólo una cumplió con los requisitos mínimos de la norma. Esto quiere decir que la mayoría de la población de Barranquilla se encuentra desprotegida sin una suplementación adecuada de yodo.

Este hecho ha sido reconocido en varias ocasiones por las autoridades sanitarias del departamento del Atlántico desde 1983 (14) (15) (16) y del país (8), e inclusive aceptado como un problema nacional por un ministro de Salud al confirmar en 1983 que sólo una tercera parte de la sal que se procesaba en Colombia cumplía con los requisitos mínimos de yodación (17). Este fenómeno podría, inclusive, ser mucho más grave si se acepta que mucha de la sal empacada y distribuida en Barranquilla es sal sin ningún proceso de yodación, procedente de la explotación a cargo de indígenas y campesinos de la región, y que supuestamente está destinada para ganado.

Hasta la fecha no se ha practicado correctivo alguno a esta situación que pone en grave peligro a la población de Barranquilla.

Conclusiones

La sal estudiada no cumplió con los requisitos de yodación.

Dos terceras partes de las muestras estudiadas de Alcalis de Colombia tampoco cumplieron la norma Icontec 1254.

El método potenciométrico fue mucho más práctico, utilizó un tiempo mucho más corto, presentó buena precisión y exactitud y permitió determinaciones seriadas.

Recomendaciones

Considerar la posibilidad de cambiar el método de yodación de la sal con yoduro de potasio por el yodato de potasio, el cual presenta mayor estabilidad, sin los inconvenientes de volatilidad del primero.

También se recomienda al Departamento Administrativo de Salud (Dasalud), llevar un programa educativo en la población general y supervisar el contenido de yodo en la sal y establecer sanciones ejemplares a los infractores de la norma Icontec 1254, con el fin de lograr el consumo de sal yodada y el rechazo de la sal no yodada.

Agradecimiento

Los autores expresan sus agradecimientos a las siguientes personas: Hanael Ojeda Moreno, Q.F., Director del trabajo de grado; María Cristina Niño de Villaveces, Q.F., Codirectora del trabajo de grado; Carlos Hernández Cassis, MD. Asesor del trabajo; Clara Fay Vargas Lascarro, Q.F.; Adán Pérez Pérez, Q.F.; José María Velásquez, Q.F.

Referencias

1. Noguera A. Viteri F.E., Daza Ch., Mora J.O. *Evaluación de la situación actual del bocio endémico y sus programas de control en América Latina*. Monografía, ICBF, Bogotá, 1983.
2. Thilly C.H., Delage F., Camus M., Ber Quist H., Ermans A.M. *Fetal hypothyroidism in endemic goiter: The probable mechanism of endemic cretinism*. In: Dunn J.T., Medeiros. Neto G.A. (Eds.) *Endemic Goiter and cretinism: Continuing threats the world health*. Pan American Health organization, Washington. DC. Scientific publication 1974;292:12
3. Hetzel BS. *Iodine deficiency disorders (IDD) and their eradication*. The Lancet 1983; 12: 1126-1129.
4. Bautista A. Barker P.A., Dunn J.T., Sánchez M., Kaiser D.L. *The effects of oral iodized oil on intelligence, thyroid status and somatic growth in school-age children from an area of endemic goiter*. AM. J. Clin. Nutr. 1982; 35: 127-134.
5. Córdoba C., Carrillo J.C., Marín A. *Yodización de la sal en Colombia. Antecedentes y situación actual*. Monografía, ICBF, Bogotá, 1983.
6. De Maeyer E.M., Lowestein F.W., Thilly C.H. *La lucha contra el bocio endémico*. Organización Mundial de la Salud. Monografía, Ginebra, 1979.
7. Niño de Villaveces M.C. *Evaluación de la concentración de yodo en la sal para consumo humano*. Monografía, ICBF, Ingeominas, Bogotá, 1984.
8. Rueda Williamson R., Mondragón, E. *La yodación de sal en Colombia*. Monografía, ICBF, Bogotá, junio 1985.
9. Vargas Zárate O., Cabeza Villanueva, H. *Determinación potenciométrica de yoduro en premezclas minerales*. Monografía, ICBF, Ingeominas, Bogotá, 1981.
10. Orión Research INC. *(Manual del electrodo de Ion específicos para yoduros)* 1982.
11. Norma Oficial Colombiana Icontec 1254. Bogotá, 1984.
12. Ucros Cuéllar A. "Historia natural del coto en Colombia". En: *La tiroidología en Colombia*. Sociedad Colombiana de Endocrinología (Ed). Bogotá, Ediciones Avanzadas, 1979, pp. 45-54.
13. Góngora López J. et al. *Bocio simple y sal yodada en Colombia*. Rev. de Higiene, 1951; 4: 291-338.

14. Granados J. *Sal sin suficiente yodo se consume en la ciudad*. El Heraldo, Barranquilla, Colombia. Agosto 20 de 1983, Pág. 1a., columnas 2a. y 3a., y Pág. 7a., columnas 3a., 4a., 5a. y 6a.

15. Rosanía Vitola H., Acosta Gil A., Salcedo M. *Informe sobre la investigación del contenido de yodo en la sal que se expende en Barranquilla y la proveniente de Manaure, Gale-razamba y Zipaquirá*. Presentado por el Servicio de Salud del Atlántico al Ministerio de Salud. Sept. 1983.

16. Villarreal Sánchez J. *Informe de control de la sal para consumo humano*. Febrero 13 de 1991. Presentado a Joachim Hahn, y comunicación No. 066 dirigida a Carlos Hernández Cassis. Servicio de Salud del Departamento del Atlántico. Junio 25 de 1991.

17. Arias Ramírez J. (Ministerio de Salud de Colombia). Habla sobre la utilización de la sal yodada. Cassette No. 253; 40; 35-41. Nov. 10 de 1983. Archivo TV Hoy, Bogotá.

Tabla 1
Procedencia y la marca de la sal de cada una de las muestras

Muestra número 01 F ₁	(Tasajera): Sal bruta (Palmira fina)
Muestra número 01 P ₁	(Tasajera): Sal bruta (Sal piedra)
Muestra número 02	(Galerazamba): Sal bruta
Muestra número 03	(Manaure): Sal bruta
Muestra número 04	(Supermercado Robertico): Sal refinada
Muestra número 05	(Supermercado Comfamiliar): Sal refinada
Muestra número 06	(Sal insuperable): Sal refinada
Muestra número 07	(Sal la cocinerita): Sal refinada
Muestra número 08	(Sal Las palmas): Sal refinada
Muestra número 09	(Sal Hospital Universitario): Sal refinada
Muestra número 10	(Sal Número 1 refinada): Sal refinada
Muestra número 11	(Sal refinada favorita): Sal refinada
Muestra número 12	(Sal refinada Richard's): Sal refinada
Muestra número 13	(Sal superior ordinaria): Sal refinada
Muestra número 14	(Sal Richard's Ordinaria): Sal refinada
Muestra número 15	(Sal refinada Florida): Sal refinada
Muestra número 16	(Sal superior refinada): Sal refinada
Muestra número 17	(Sal refinada Marysal): Sal refinada
Muestra número 18	(Sal refinada Rasamar): Sal refinada
Muestra número 19	(Sal refinada la especial): Sal refinada
Muestra número 20	(Sal refinada San José): Sal refinada
Muestra número 21	(Sal refinada los Picapiedras): Sal refinada
Muestra número 22	(Sal refinada Marpi): Sal refinada
Muestra número 23	(Sal la Fortuna Ordinaria): Sal refinada

Tabla 2
Concentración de yodo (en ppm) de I-) en sal de cocina

Muestra No.	Peso	Concentración Patrón (ppm) KI	Volumen Patrón	Lectura	Valor	Q	ppm (Xi)
M-01-E1	10.01485	10 ppm	1.5	16.3	0.0931		10.68
M-01-E1	10.00480	100 ppm	0.32	36.0	0.0289		7.10
M-01-E1	10.00505	100 ppm	0.22	25.6	0.0505		8.50
						\bar{X}_{E1} :	8.76
M-01-G1	10.00440	100 ppm	0.6	52.0	0.0137		6.30
M-01-G1	10.01330	100	0.2	24.0	0.0556		8.50
M-01-G1	10.00400	100	0.2	27.5	0.0453		7.00
						\bar{X}_{G1} :	7.266
M-01-F1	10.00800	100	0.2	26.0	0.0494		7.60
M-01-F1	10.00100	100	0.2	23.5	0.05725		8.80
M-01-F1	10.00460	100	0.2	24.0	0.0556		8.50
						\bar{X}_{F1} :	8.3
M-01-P1	10.02240	100	0.2	26.6	0.0477		7.30
M-01-P1	10.00340	100	0.2	20.0	0.07160		10.95
M-01-P1	10.00840	100	0.2	27.2	0.0466		7.12
						\bar{X}_{P1} :	8.45
M-02	10.00215	100	0.2	23.8	0.0563		8.60
M-02	10.04760	100	0.2	23.0	0.05910		9.00
M-02	10.00100	100	0.2	23.0	0.05875		9.00
						\bar{X}_2 :	8.866
M-03	10.01455	100	0.2	22.0	0.629		9.61
M-03	10.01390	100	0.2	24.0	0.0556		8.50
M-03	10.00250	100	0.2	23.4	0.0576		8.81
						\bar{X}_3 :	8.97
M-04	10.00435	100	0.3	14.0	0.1120		25.70
M-04	9.99970	100	0.3	14.2	0.1100		25.20
M-04	10.00370	100	0.3	12.8	0.1230		28.22
						\bar{X}_4 :	26.373
M-05	10.00242	100	0.5	16.2	0.0938		35.87
M-05	10.00405	100	0.5	15.0	0.1030		39.40
M-05	10.00370	100	0.5	14.5	0.1070		40.91

Continuación Tabla 2

M-06	10.00050	100	0.6	15.0	0.1030	47.27
M-06	10.00050	100	0.5	12.6	0.1260	48.20
M-06	10.00170	100	0.5	12.0	0.1330	50.86
						$\bar{X}_6:$ 48.776
M-07	10.00640	100	0.4	33.8	0.0323	10.00
M-07	10.00080	100	0.2	26.0	0.0494	7.60
M-07	10.00280	100	0.2	24.7	0.0533	8.15
						$\bar{X}_7:$ 8.583
M-08	10.00810	100	0.4	38.0	0.0261	8.10
M-08	10.00180	100	0.2	21.6	0.0645	9.87
M-08	10.00630	100	0.2	26.6	0.0477	7.30
						$\bar{X}_8:$ 8.423
M-09	10.00380	100	0.2	25.8	0.0499	7.60
M-09	10.00275	100	0.2	22.2	0.0617	9.40
M-09	10.01440	100	0.2	23.9	0.05595	8.55
						$\bar{X}_9:$ 8.516
M-10	10.00445	100	0.7	15.2	0.1013	54.00
M-10	10.00030	100	0.7	11.5	0.1385	74.00
M-10	10.00700	100	0.6	13.4	0.11700	53.70
						$\bar{X}_{10}:$ 60.566
M-11	10.00085	100	0.6	13.1	0.1200	55.00
M-11	10.00350	100	0.5	13.1	0.1200	46.00
M-11	10.00430	100	0.5	12.8	0.12300	47.03
						$\bar{X}_{11}:$ 49.333
M-12	10.00230	100	0.4	16.0	0.0952	29.12
M-12	10.00730	100	0.5	14.0	0.1120	42.8
M-12	10.0048	100	0.5	14.8	0.15000	57.35
						$\bar{X}_{12}:$ 46.423
M-13	10.00195	100	0.3	33.2	0.0333	7.60
M-13	10.00890	100	0.3	29.1	0.04145	9.50
M-13	10.00165	100	0.3	26.8	0.04710	10.81
						$\bar{X}_{13}:$ 9.303
M-14	10.01350	100	0.3	30.8	0.0378	8.70
M-14	10.01130	100	0.3	31.0	0.0374	8.60
M-14	10.00350	100	0.2	24.3	0.0546	8.35
						$\bar{X}_{14}:$ 8.55
M-15	10.00425	100	0.5	15.6	0.0932	35.30
M-15	10.00535	100	0.4	15.0	0.1030	31.50
M-15	10.00650	100	0.4	14.0	0.11200	34.25
						$\bar{X}_{15}:$ 34.416

Continuación Tabla 2

M-16	10.00630	100	0.5	16.4	0.0924	35.30
M-16	10.00660	100	0.4	17.8	0.0834	25.50
M-16	10.00230	100	0.4	13.8	0.11300	34.57
						\bar{X}_{16} : 31.79
M-17	10.01495	100	0.32	31.8	0.0358	8.80
M-17	10.01540	100	0.50	41.7	0.0221	8.40
M-17	10.01190	100	0.40	36.7	0.0282	8.62
						\bar{X}_{17} : 8.606
M-18	10.03430	100	0.10	18.0	0.0822	6.30
M-18	10.00640	100	0.10	17.8	0.0834	6.38
M-18	10.00230	100	0.20	23.0	0.0591	9.04
		100				\bar{X}_{18} : 7.24
M-19	10.00130	100	0.30	16.2	0.0938	21.50
M-19	10.00230	100	0.50	12.3	0.1290	49.30
M-19	10.00120	100	0.50	12.7	0.1245	47.62
						\bar{X}_{19} : 39.473
M-20	10.0040	100	0.6	13.0	0.1210	55.50
M-20	10.00750	100	0.3	14.5	0.1070	24.54
M-20	10.01640	100	0.3	14.9	0.1040	23.85
						\bar{X}_{20} : 34.62
M-21	10.00880	100	0.5	13.2	0.1190	45.50
M-21	10.01140	100	0.20	19.6	0.0736	11.25
M-21	10.00005	100	0.24	26.4	0.0482	8.85
						\bar{X}_{21} : 21.866
M-22	10.00070	100	0.50	17.0	0.0884	33.80
M-22	10.00130	100	0.50	13.1	0.1200	45.90
M-22	10.00150	100	0.50	13.0	0.1210	46.20
						\bar{X}_{22} : 42.00
M-23	10.00060	100	0.28	34.5	0.03115	6.70
M-23	10.00355	100	0.40	14.8	0.1050	32.12
M-23	10.00145	100	0.40	14.2	0.1100	32.70
						\bar{X}_{23} : 24.173
M-24	10.00110	100	0.8	19.4	0.0746	45.65
M-24	10.0025	100	0.8	23.6	0.569	35.00
M-24	10.00110	100	0.82	18.1	0.0168	51.21
						\bar{X}_{24} : 43.953
M-25	10.0025	100	1.0	24.3	0.546	41.76
M-25	10.00165	100	1.0	24.2	0.0549	41.99
M-25	10.00165	100	1.0	24.2	0.0549	41.99
						\bar{X}_{25} : 41.913
M-26	9.99465	100	0.8	17.70	0.0840	51.43
M-26	10.00090	100	0.8	16.80	0.0897	54.89
M-26	10.00090	100	0.8	16.80	0.0897	54.89
						\bar{X}_{26} : 53.736

Xi = Todos los valores de concentración.

Tabla 3
Datos de concentración de yoduro para las gráficas de control

K	X ₁	X ₂	X ₃	\bar{X}	R	\bar{X}	\bar{R}	$\bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$D_3\bar{R}$	$D_4\bar{R}$
1	6,30	7,00	8,50	7,27	2,20					
2	7,60	8,50	8,80	8,30	1,20					
3	7,12	7,30	10,95	8,45	3,83					
4	6,30	6,38	9,04	7,24	2,74					
5	7,30	8,10	9,87	8,42	2,57	7,936	2,508	11,64 - 4,22	0,1931	8,67
1	7,10	8,50	10,68	8,76	3,58					
2	7,60	8,15	10,00	8,58	2,40					
3	8,35	8,60	8,70	8,55	0,35					
4	7,60	8,55	9,40	8,52	1,80					
5	8,40	8,62	8,80	8,60	0,40	8,602	1,706	11,13 - 6,07	0,1313	5,90
1	8,60	9,00	9,00	8,87	0,40					
2	8,50	8,81	9,61	8,97	1,11					
3	7,60	9,50	10,81	9,30	3,21	9,04	1,573	11,90 - 6,13	0,1211	6,67
1	25,20	25,70	28,22	26,37	3,02					
2	8,85	11,25	45,50	21,87	36,65					
3	6,70	32,12	33,70	24,17	26,47					
4	31,50	34,25	37,50	34,42	6,00					
5	25,50	34,57	35,30	31,79	9,80					
6	23,83	24,54	55,50	34,62	31,63	28,87	18,88	54,92 - 2,81	1,4726	62,11
1	35,87	39,40	40,91	38,72	5,04					
2	21,50	47,62	49,30	39,47	27,80					
3	33,80	45,90	46,30	42,00	12,50					
4	35,00	45,65	51,21	43,95	16,21					
5	41,76	41,99	41,99	41,91	0,23	41,21	12,356	59,50 - 22,92	0,9514	42,75
1	47,27	48,20	50,86	48,78	3,59					
2	46,00	47,03	55,00	49,33	9,00					
3	39,12	42,08	57,35	46,42	18,23					
4	51,43	54,89	54,89	53,74	3,46					
5	53,70	54,00	74,00	60,57	20,30	51,76	10,916	67,91 - 35,60	0,8405	37,77

Tabla 4
Probabilidad de la muestra con respecto a la norma ICONTEC-1254 (50-100 ppm)

Clase	Concentración, ppm	Frecuencia	Probabilidad
A:	Menor de 10 ppm	39	39/87
B:	10 - 20 ppm	0	-
C:	20 - 30	9	9/87
D:	30 - 40	15	15/87
E:	40 - 50	18	18/87
F:	50 - 60	6	6/87
G:	60 - 70	0	-
H:	70 - 80	0	-
I:	80 - 90	0	-
J:	90 - 100	0	-
		87 (Valores, Xi)	1