



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Químicas
Carrera de Bioquímica y Farmacia

**Evaluación de la fluoración en la sal de mesa de las distintas
marcas comerciales expendidas en los supermercados del
cantón Cuenca Ecuador.**

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Bioquímico
Farmacéutico.

Autores:

Andrea Estefanía Jiménez Sanmartín

CI: 0104595004

estefania.jimenez007@gmail.com

Francisco Xavier Valladares Pugo

CI: 0150254175

franciscox.valladares@gmail.com

Director:

Dra. Silvana Patricia Donoso Moscoso MSc.

CI: 0102590569

Asesor:

Dra. Silvia Johana Ortiz Ulloa, PhD

CI: 0301082897

Cuenca, Ecuador

08-enero-2021

Resumen

Se define como sal de mesa al producto cristalino que se obtiene del agua de mar, depósitos subterráneos de sal mineral o de salmuera natural. Se presenta en forma de cristales blancos, inodoros, solubles en agua y para el consumo humano debe cumplir ciertos parámetros de calidad. En Ecuador, al igual que en otros países de Latinoamérica, la sal de mesa debe ser producto de un proceso de fortificación con yodo y flúor. En particular, la fluoración de la sal de mesa ha constituido un método preventivo de salud pública exitoso en varios países en el mundo por brindar a la población protección contra la caries dental.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la concentración de flúor en la sal de mesa en distintas marcas comerciales expendidas en los supermercados del cantón Cuenca, Ecuador. Se evaluó además si existe variación entre concentraciones de este microelemento entre marcas y lotes de estudio. La cuantificación de la concentración de flúor en las muestras analizadas se llevó a cabo mediante el método de ion específico y se ajustó por el contenido de humedad.

Se estudiaron 5 marcas de sal y se realizó un muestreo de un total de 180 fundas de sal con presentación de 1kg. De la marca 1 se recolectaron 60 muestras, mientras que para las marcas 2,3,4,5 se recolectaron 30 unidades de cada una, el análisis de flúor se realizó por duplicado y el resultado se ajustó en peso seco para el análisis estadístico.

La normativa INEN-57:2010 establece que el rango permisible de flúor en sal de mesa es de 200-250 ppm. De un total de 180 muestras analizadas, el 72% de estas presentaron un valor inferior a 200 ppm, el 10% un valor superior 250 ppm y únicamente el 18% de las muestras se encontraron dentro del rango permitido. Además, de las 5 marcas analizadas sólo una estuvo dentro del límite de contenido de flúor, dos marcas presentaron un valor inferior a lo establecido por la norma ecuatoriana, y las otras dos marcas no contenían este microelemento. Finalmente se determinó diferencias estadísticamente significativas entre las marcas y entre todos los lotes con un valor de $p < 0,001$.

En conclusión, mediante este estudio se observó que en el cantón Cuenca - Ecuador existen diferentes marcas comerciales de sal que no están cumpliendo con el contenido de flúor establecido por la normativa ecuatoriana. El incumplimiento de este parámetro podría ser un factor negativo importante en el contexto de la prevención de caries dental. Además, se observó una variación significativa de este parámetro, entre las marcas y entre todos los lotes de estudio.

Es importante que en trabajos futuros se realicen estudios de todos los parámetros tanto físicos, químicos y microbiológicos que establece la norma, así mismo incrementar la población de estudio, el número de marcas y la región de estudio.

Palabras claves: Flúor. Sal de mesa. Método de ion específico.

Abstract:

Food grade salt is defined as the crystalline product obtained from sea water, underground deposits of mineral salt or natural brine. It is presented as white, odorless, water soluble crystals and, for human consumption, it must meet certain quality parameters. In Ecuador, as in other Latin American countries, salt must be the product of a fortification process with iodine and fluoride. In particular, fluoridation of salt has been a successful public health preventive method in several countries around the world for providing protection against dental caries to the population.

The objective of this work was to evaluate the concentration of fluoride in salt in different commercial brands sold in supermarkets in Cuenca, Ecuador. Also, variations in concentration among brands and study batches were evaluated. The quantification of the fluoride concentration in the analyzed samples was carried out by the specific ion method and adjusted for the moisture content.

5 brands of salt were studied and a total of 180 bags of salt with 1kg presentation was sampled. From brand 1, 60 samples were collected, while for brands 2,3,4,5, 30 units of each were collected, the fluorine analysis was performed in duplicate and the result was adjusted in dry weight for statistical analysis.

The INEN-57: 2010 regulation establishes that the permissible range of fluoride in table salt is 200-250 ppm. Of a total of 180 samples analyzed, 72% of these presented a value lower than 200 ppm, 10% a value higher than 250 ppm and only 18% of the samples were within the allowed range. In addition, of the 5 brands analyzed, only one was within the fluoride content limit, two brands had a lower value than that established by the Ecuadorian standard, and the other two brands did not contain this microelement. Finally, statistically significant differences were determined among brands and among all batches with a value of $p < 0.001$.

In conclusion, through this study it was observed that in Cuenca - Ecuador, there are different commercial brands of salt that do not comply with the fluoride content established by Ecuadorian regulations. Non-compliance with this parameter could be an important negative factor in the context of dental caries prevention. Furthermore, a significant variation of this parameter was observed, between brands and between all study lots.

It is important that future work studies all the physical, chemical and microbiological parameters established by the standard, as well as increasing the study population, the number of brands and the study region.

Keywords: Fluoride. Salt. Specific ion method.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	14
JUSTIFICACIÓN	16
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos.....	16
1. MARCO TEÓRICO	18
1.1 Sal de mesa	18
1.2 Tipos de sal de mesa.....	18
1.2.1 Sal yodada.....	18
1.2.2 Sal yodada fluorada	18
1.2.3 Sal gruesa y fina.....	18
1.3 Características fisicoquímicas de la sal de mesa	19
1. 4 Fluoración de la sal.....	20
1.5 Proceso de obtención y fluoración de sal.....	21
1.6 Flúor	22
1.7 Fluorosis dental.....	22
1.8 Métodos de medición de flúor.....	23
1.8.1 Método de Complexona	23
1.8.2 Método Potenciométrico	23
1.9 Humedad en los alimentos	24
1.9.1 Determinación de la humedad	25
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
2.1 Población y marco muestral	26
2.2 Tamaño y selección de muestra.....	26
2.3 Muestreo y recolección de la muestra.....	27
2.3 Análisis de laboratorio.....	28
2.3.1 Determinación de flúor por el Método de ion específico	28
2.3.1.1 Equipos, materiales y reactivos	28
2.3.1.2 Procedimiento.....	29
2.3.2 Determinación de la humedad por el Método de Desecación en Horno de aire	31
2.3.2.1 Equipos, materiales y reactivos	31

2.3.2.2 Procedimiento para la determinación de humedad en muestra de sal de mesa	31
2.4 Interpretación de los resultados.....	32
2.5 Análisis de datos	32
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1 Evaluación del cumplimiento de los requisitos de flúor en la sal de mesa establecidos por la normativa vigente del país.	34
3.2 Comparación de la concentración de flúor entre las diferentes marcas comerciales de sal de mesa.	40
3.3 Comparación de la concentración de flúor entre los diferentes lotes de producción por marca.	42
4. CONCLUSIONES.....	44
5. RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS	47
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos de tamaño de partícula de sal para consumo humano.....	18
Tabla 2. Requisitos de sal para consumo humano.....	19
Tabla 3. Listado de los principales supermercados, marcas y respectiva presentación de sal de mesa.....	26
Tabla 4. Muestreo y recolección de muestras de sal de mesa.....	27
Tabla 5. Patrones utilizados para la curva de calibración del electrodo de ion selectivo.....	30
Tabla 6. Promedio de ppm de flúor expresados en peso seco de las diferentes marcas.....	34
Tabla 7. Resultado de la prueba t de una muestra de cada marca de sal.....	35
Tabla 8. Resultados de la prueba ANOVA con los valores p de cada marca.....	40
Tabla 9. Comparación de promedios de flúor por marcas mediante análisis pos-hoc ANOVA.....	41
Tabla 10. Resultado de la diferencia de medias de concentración de flúor de los diferentes lotes de la marca 1.....	42
Tabla 11. Resultado de la diferencia de medias de concentración de flúor de los diferentes lotes de la marca 4.....	43
Tabla 12. Resultado de la diferencia de medias de concentración de flúor de los diferentes lotes de la marca 5.....	43

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Vista exterior y corte longitudinal del electrodo.....	24
Ilustración 2 Contenido de ppm promedio de Flúor de 5 marcas.....	36
Ilustración 3 Porcentaje de muestras de marca 1 que cumplen con el rango referencial.....	36
Ilustración 4 Porcentaje de muestras de marca 5 que cumplen con el rango referencia.....	37
Ilustración 5. Porcentaje de contenido de flúor presentes en las muestras de sal analizadas.....	37



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Andrea Estefanía Jiménez Sanmartín en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Evaluación de la fluoración en la sal de mesa de las distintas marcas comerciales expendidas en los supermercados del cantón Cuenca-Ecuador”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 08 de enero de 2021

Andrea Estefanía Jiménez Sanmartín

C.I: 010459500-4



Cláusula de Propiedad Intelectual

Andrea Estefanía Jiménez Sanmartín, autora del trabajo de titulación “Evaluación de la fluoración en la sal de mesa de las distintas marcas comerciales expendidas en los supermercados del cantón Cuenca-Ecuador”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 08 de enero de 2021



Andrea Estefanía Jiménez Sanmartín

C.I: 010459500-4



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Francisco Xavier Valladares Pugo en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la fluoración en la sal de mesa de las distintas marcas comerciales expendidas en los supermercados del cantón Cuenca-Ecuador", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 08 de enero de 2021

Francisco Xavier Valladares Pugo

C.I: 015025417-5



Cláusula de Propiedad Intelectual

Francisco Xavier Valladares Pugo, autor del trabajo de titulación “Evaluación de la fluoración en la sal de mesa de las distintas marcas comerciales expendidas en los supermercados del cantón Cuenca-Ecuador”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 08 de enero de 2021

Francisco Xavier Valladares Pugo

C.I: 015025417-5

DEDICATORIA

Quiero dedicar todo mi esfuerzo y sacrificio depositado en la ejecución de mi trabajo de titulación principalmente a mi amado Dios; por ser quien me mantuvo de pie aun cuando todo era difícil, por siempre guiar mis pasos y bendecirme con una familia llena de amor hacia mí.

A mis padres Iván y Gardenia, seres maravillosos que Dios me pudo bendecir, quienes con su apoyo, sacrificio y paciencia han sido siempre mis guías en todos estos largos años de formación académica. A todos Uds. mi grato amor y dedicación, que es muy poco en comparación con la maravilla de seres que siempre demuestran ser para mí.

A Derick por ser quien siempre me anima a seguir adelante, Lisbeth, Escarlet y Jadhe quienes siempre me sacan una sonrisa en mis momentos más difíciles, y por todo el apoyo brindado. Siempre me sentiré afortunada y agradecida por tenerlos.

A mis abuelitas Leonila y Laura quienes siempre me han sabido demostrar su amor incondicional apoyándome en todo momento y a mis abuelitos Pedro (+) y Baltazar (+) dos seres que desde el cielo estarán siempre a mi lado, personas que siempre creyeron en mí, en todo momento y lugar.

Finalmente, pero no menos importante, a mi compañero de tesis Francisco, que con su paciencia y esfuerzo logramos ser un buen equipo de trabajo.

Con amor Andrea.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico en primer lugar a Dios, por darme la paciencia y la sabiduría necesaria para seguir adelante en los momentos difíciles. Además de brindarme fuerzas para no dejar de soñar y cumplir mis metas.

A mi Familia que es el motor de mi existencia y el pilar de mi vida. Especialmente a mi madre, Esther quien me motivó y apoyó en este pequeño y arduo camino. A mis hermanos; Andrés, Priscila, Marco y Erika que, con su apoyo a pesar de los inconvenientes propios de una familia, al final siempre el apoyo y cariño prevalecerá.

A mi compañera de tesis, Andrea, quien con su inteligencia y sabiduría. Nos complementamos y ayudamos en el tránsito de este trabajo. En general a todos mis amigos y compañeros quienes me apoyaron y motivaron a ser cada día mejor, tanto en lo personal como en lo académico.

Francisco Valladares

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por darnos el regalo más valioso que es la vida, por sus dones puestos en cada uno de nosotros, pero sobre todo por la sabiduría y paciencia que nos brindó para culminar la carrera universitaria.

A nuestra directora Dra. Silvana Donoso y asesora de Tesis la Dra. Johana Ortiz por su ayuda, apoyo incondicional, su tiempo, y su paciencia, por guiarnos durante el trabajo de titulación.

A la Dra. Diana Astudillo, que, a pesar de su salida de la institución, nos brindó la oportunidad de trabajar en este proyecto de titulación, así como también a la Bqf: Andrea Cabrera; quienes nos brindaron su valioso tiempo, conocimiento, y su colaboración en el laboratorio de Análisis Biológico de la facultad de Ciencias Químicas.

A todo el Grupo de Investigación “Alimentación, Nutrición y Salud” de la Universidad de Cuenca, por permitirnos realizar nuestro trabajo de titulación. De manera especial a la Dra. Gabriela Astudillo y la Dra. Michelle Castro por su favorable acogida.

A todos los docentes de la querida Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, quienes fueron los que impartieron sus conocimientos y enseñanzas para que cumplamos nuestras metas.

A todos nuestros amigos y compañeros quienes estuvieron en los buenos y malos momentos, a lo largo de este recorrido tan bonito que es la universidad.

Con mucho cariño Andrea y Francisco.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, el proceso de fluoración de sal de mesa de consumo humano ha demostrado ser un método importante de prevención contra caries dental en varios países del mundo. Sin embargo, algunos estudios publicados muestran que las concentraciones de flúor (F^-) en la sal de mesa no se encuentran dentro de los intervalos recomendados por las autoridades gubernamentales (Crowther, 2004). En el año 2015 un estudio en la ciudad de Quito, Ecuador, se evidenció que de tres marcas analizadas ninguna cumplía con la normativa vigente, dos de las marcas tenían un valor de cero, y una marca tuvo un valor inferior a la norma establecida (200-250 mg/kg) (Rodríguez, 2015).

Otro estudio en dos marcas de sal realizado en Perú en el año 2017 se evidenció que alrededor del 55% de las muestras tenían la concentración de flúor dentro de los rangos establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP) (Jauregui, 2017). En un estudio realizado en Guatemala entre el año 2014 y 2015, se determinó que el 97.5% de las 277 muestras de sal recolectadas en los mercados no cumplieron con la norma de fortificación con flúor pues no se encontró ningún rastro de este micronutriente, a pesar de la obligatoriedad de fortificación desde el año 2004 en este país (Villagrán, y otros, 2015).

Aunque la fluoración es una de las acciones preventivas en salud pública para evitar la aparición caries dentales, un exceso de concentración de este elemento puede causar una patología dental conocida como fluorosis; así como daños en el organismo a nivel renal, esquelético, neurológico, entre otros (Ángeles, Soto, Buckley, & Stookey, 2004). Estudios realizados en México determinaron que la fluorosis dental, la fluorosis del esqueleto, y las fracturas óseas, son tres riesgos potenciales como consecuencia de altas ingestas de flúor (Hurtado & Gardea, 2005). Al respecto, en el año 2012 se reportó una alta prevalencia de dicha alteración en niños en la ciudad de Cuenca (Parra, Astudillo, Cedillo, Ordoñez, & Sempértegui, 2012).

El bajo o alto contenido en flúor de la sal puede deberse a diversos factores, tales como la supervisión industrial inadecuada del proceso de

fluoración de la sal, o la mezcla de sal fluorada con sal no fluorada durante los procesos industriales (Crowther, 2004). En consecuencia, una dosificación incorrecta de flúor en la sal de mesa podría constituir un factor de riesgo para el desarrollo de fluorosis dental. (Molina, 2005).

JUSTIFICACIÓN

En Ecuador, desde el año 2001 está en vigencia el programa nacional de fluoración de la sal para el consumo humano con el apoyo técnico de la Organización Panamericana de la Salud (Estupiñán, 2006). Actualmente existen 10 empresas salineras entre las provincias de Guayas y Santa Elena. Estas producen 13 marcas comerciales de sal cuya producción alcanza 95.600 toneladas métricas anuales que son suficientes para satisfacer los requerimientos nacionales (Rodríguez, 2015). Lamentablemente, a nivel nacional no existen muchos estudios que hayan monitoreado el cumplimiento de la normativa NTE INEN 57 sobre la concentración de flúor en la sal de consumo humano en las diferentes marcas que se comercializan, lo cual es importante para evaluar la apropiada fortificación de la sal de mesa como medida preventiva contra la caries dental, o en su defecto una fortificación excesiva que podría contribuir a problema de fluorosis.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo General

- Evaluar la concentración de flúor en la sal de mesa para consumo humano en las distintas marcas comerciales expendidas en los supermercados del cantón Cuenca, Ecuador.

Objetivos Específicos

- Cuantificar la concentración de flúor ajustado a la humedad en muestras de sal de consumo humano que se comercializan en supermercados dentro del cantón Cuenca, Ecuador.
- Evaluar el cumplimiento de las especificaciones de concentración de flúor en la sal de mesa de acuerdo con lo establecido por la norma INEN 57:2010 y otras normas internacionales.
- Comparar la concentración de flúor entre las diferentes marcas comerciales de sal de mesa y diferentes lotes de producción.

Hipótesis: La concentración de flúor en la sal de mesa para consumo humano de las distintas marcas comerciales presentes en los supermercados del cantón Cuenca, Ecuador cumplen con las especificaciones establecidas por la NTE INEN 57:2010.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Sal de mesa

Se denomina sal de mesa al producto cristalino predominantemente constituido por cloruro de sodio que se obtiene del mar, depósitos subterráneos de sal mineral o de salmuera natural (CODEX STAN 150, 2010). La sal debe presentarse en forma de cristales blancos, inodoros, solubles en agua y con sabor salino característico. Para consumo humano directo, de mesa y cocina, la sal debe ser yodada o yodada fluorada (NTE INEN 57, 2010).

1.2 Tipos de sal de mesa

1.2.1 Sal yodada

Producto cristalino puro o purificado que consiste predominantemente en cloruro de sodio. Se extrae de fuentes naturales y se le adiciona yodato de potasio en cantidades adecuadas para lograr la concentración de yodo libre requerida. La sal yodada puede denominarse también como sal yodurada (NTE INEN 57, 2010).

1.2.2 Sal yodada fluorada

Producto cristalino puro o purificado extraído de fuentes naturales. También denominada como sal yodada fluorada o sal yodurada fluorada, a la cual se adiciona fluoruro de sodio o potasio en cantidades adecuadas con el fin de obtener la concentración requerida de ion flúor (NTE INEN 57, 2010).

1.2.3 Sal gruesa y fina

Producto para consumo humano directo o indirecto que debe cumplir con los requisitos de tamaño de partícula (NTE INEN 57, 2010) (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Requisitos de tamaño de partícula de sal para consumo humano (Fuente NTE INEN 57:2010).

Requisito Sal fina – Sal gruesa	Sal Fina	Sal Gruesa
Porcentaje que pasa por un tamiz nro. 3 ½ (5,66mm)	---	100
Porcentaje que pasa por un tamiz nro. 16 (1,19mm)	---	25
Porcentaje que pasa por un tamiz nro. 20 (0,841mm)	100	---
Porcentaje que pasa por un tamiz nro. 70 (0,210mm)	25	---
Elaborado por: Jiménez Andrea, Valladares Francisco		

1.3 Características fisicoquímicas de la sal de mesa

Toda sal de consumo humano deberá cumplir con los siguientes requisitos (Rodríguez, 2015):

- **Generales:** Forma de cristales blancos agrupados y unidos, con granulación uniforme de acuerdo con su clasificación.
- **Fisicoquímicas:** Todos los requisitos indicados en la Norma Técnica Ecuatoriana vigente (NTE-INEN 57: 2010 (Ver tabla 2).
- **Microbiológicas:** Exenta de coliformes.

Todos los aditivos que se empleen deben ser de uso alimentario y estar permitidos por el Codex Alimentarius.

Tabla 2. Requisitos de sal para consumo humano (Fuente NTE INEN 57:2010).

Requisitos	Sal Yodada		Sal Yodada Fluorada	
	min	máx	min	máx
Humedad (%)	---	0,5	---	0,5
Sustancia deshidratante (%)^a	---	2,0	---	2,0
Cloruro de sodio (%)^b	98,5	---	98,5	---
Residuo insoluble (%)^b	---	0,3	---	0,3
Yodo (mg/kg)	20	40	20	40
Flúor (mg/kg)	---	---	200	250
Calcio (mg/kg)^a	---	1000	---	1000
Magnesio (mg/kg)^a	---	1000	---	1000
Sulfato (mg/kg)^a	---	6000	---	6000

^a Con referencia al producto seco
^b Con referencia al producto seco y deducido de la sustancia deshidratante
Min: mínimo, Máx.: máximo. Elaborado por: Jiménez Andrea; Valladares Francisco

1. 4 Fluoración de la sal

Dado que la sal de mesa es un ingrediente básico en la alimentación, independientemente de los hábitos alimentarios y que es de fácil distribución, aún en zonas alejadas, se ha considerado que es el mejor vehículo para suministrar flúor. Estudios recomiendan que la suplementación debe realizarse con cantidades alrededor de 200 mg de ion flúor por kilogramo de sal, que es la dosis óptima para lograr la prevención de la caries dental, sin riesgo de fluorosis (Villagrán, y otros, 2015).

La fluoración de la sal de mesa es un método preventivo de salud pública que se usa en varios países con el objetivo es brindar a la población protección contra la caries dental. El flúor actúa promoviendo la remineralización del esmalte revirtiendo el proceso de la caries dental y adicionando iones de calcio y fosfato en la estructura de hidroxiapatita (Villagrán, y otros, 2015).

Se ha demostrado la efectividad de la fluoración de sal para un grupo de niños de 12 años, donde el nivel de reducción de caries fue entre 35 a 80% (Parra, Astudillo, Cedillo, Ordoñez, Sempértegui, 2012). Cuando se utiliza fluoruro de calcio y fluoruro de sodio a través de la sal de mesa, se logra una similitud en la fuerza preventiva de la caries dental como cuando se administra flúor a través del agua, dicha prevención está en el orden de 60 a 65% (Martínez, 2004).

La estrategia de fluoración de sal de mesa es recomendada por la Organización Panamericana de Salud se ha extendido a América Latina como por ejemplo a Ecuador, Colombia, Venezuela, Uruguay, Costa Rica, Perú y México, recomiendan una dosis de sal de 90-350 mg/kg (Parra, Astudillo, Cedillo, Ordoñez, & Sempértegui, 2012).

1.5 Proceso de obtención y fluoración de sal

El proceso se lleva a cabo extrayendo la sal de las salinas, donde el agua de mar se evapora por la acción de agentes naturales (el sol y el viento) (Ararat Ospina, 2007). Este proceso se lleva a cabo en diferentes etapas:

- a) Transporte del agua del mar:** Mediante bombas se lleva el agua a estanques donde se controla la circulación de uno a otro estanque hasta obtener una concentración y una saturación de 280 gramos de sal por litro.
- b) Transporte de la salmuera a los cristalizadores:** Los cristalizadores son depósitos rectangulares en donde la sal se deposita formando una capa de 10 centímetros de espesor.
- c) Recolección de la sal:** La sal se recolecta por rastillado a mano. Sin embargo, actualmente se realiza mecánicamente, por medio de palas cargadoras.
- d) Fluoración y yodación:** Existen dos procedimientos para la fortificación; mezclado en seco y mezclado en húmedo. En la fortificación en seco, empleada generalmente para la preparación de pequeños volúmenes, el yoduro o yodato potásico y el fluoruro de sodio en forma de polvo se homogeniza en un mezclador junto con la sal, el proceso está limitado a sales finas y muy finas, en esta técnica el fluoruro se agrega concentración mínima de 500 gramos/tonelada y de yoduro 60 g/ kg (Gotzfried, 2006).
En la vía húmeda, se emplean cintas o bandas transportadoras por donde circula la sal sobre la cual se sitúa un sistema de goteo o aspersión por donde se hace pasar una solución de yoduro de potasio al 0,0055% (Palacios, Díaz, Roldán, & Gilabert, 2014; Makhumula, Guamuch, & Dary, 2007).
- e) Empaque:** Una vez obtenida la sal para el consumo humano, se empaqueta en las diferentes presentaciones, de acuerdo a las especificaciones de rotulado establecido en cada país por la legislatura vigente. (Ararat Ospina, 2007).

1.6 Flúor

El flúor es un elemento químico del grupo de los halógenos. Su principal característica es su gran electronegatividad que lo predispone a combinarse con otros elementos y es muy difícil encontrarlo puro en la naturaleza. Su solubilidad en el agua es muy alta y la forma combinada que más se encuentra en la naturaleza es el fluoruro cálcico o fluorita (Gómez, Gómez, Martín, 2002). En fuentes no naturales, el flúor puede hallarse en la sal yodada, algunos jugos envasados o gaseosas, así como también en las pastas dentales. Los fluoruros también pueden encontrarse en los alimentos; una dieta balanceada contiene entre 0.2 y 0.77 mg (Jarquín, y otros, 2015; Barrasa, 2013).

El flúor juega un papel importante en la formación de dientes y huesos. A lo largo de los años se ha logrado comprobar que la ingesta de fluoruros en cantidades ideales logra incrementar la mineralización dental y densidad ósea, reducir el riesgo y prevalencia de caries dental y favorecer a la remineralización del esmalte a lo largo de la vida (Márquez, 2017) (Rosales, 2003).

La ingesta excesiva de compuestos que contienen flúor (fluoruros) puede producir efectos negativos en distintos tejidos del cuerpo humano, como el diente, los huesos y los tejidos blandos. El consumo excesivo de los fluoruros podría causar alteraciones sobre la estructura dental, por lo que existen recomendaciones de una ingesta máxima tolerable para promover la acción preventiva de los fluoruros en la caries dental. El exceso de fluoruros podría causar más un efecto negativo principalmente relacionado a la fluorosis dental (Miñana, 2010).

1.7 Fluorosis dental

La fluorosis dental se considera como un trastorno del desarrollo del esmalte dental como consecuencia de exposiciones continuas y de alta concentración de fluoruros durante el desarrollo dental (Jauregui, 2017). Esta afección causa una alteración morfológica del diente caracterizada por una decoloración o malformación anatómica. El cambio de color en la estructura dentaria se manifiesta como puntos blanquecinos que varían a

un color marrón oscuro. Esta patología es considerada como una condición irreversible (Adas, Saliba, Marques, & Garbin, 2015). La fluorosis no puede presentarse una vez que la formación del esmalte está completa y los dientes han brotado (Harris & García-Godoy, 2005).

La fluorosis dental es un marcador de una ingesta de flúor que sobrepasa la dosis óptima, y puede producir diferentes afectaciones en la salud a más de los daños en la mineralización de los huesos podrían estar afectados los sistemas antioxidantes intracelulares, lo que explicaría, al menos en parte, los daños óseos y otros descritos en músculo y cerebro (Shivarajashankara, Hanumanth, & Gopalakrishnan, 2001).

1.8 Métodos de medición de flúor

Existen diferentes técnicas de medición de flúor, las principales:

1.8.1 Método de Complexona

Se fundamenta en la destilación del flúor de la muestra y la posterior reacción del destilado con el reactivo azul de lantano, que forma un cromóforo azul que se lee espectrofotométricamente a 620 nm. La desventaja de este método es presentar varias sustancias que interfieren las cuales pueden ser eliminadas por destilación como son sustancias que alcalinizan el medio (metales trivalentes como Fe^{3+} y Al^{3+}) que disminuyen el valor de concentración hallado. Por el contrario, la presencia de hexametafosfato de sodio ($NaPO_3^6$), fosfato (PO_4^{3-}), cloruro (Cl^-) y sulfato (SO_4^{2-}) producen errores por exceso. El método ha sido diseñado para ser aplicada a aguas potables, de desecho y superficiales, pero bien puede ser adaptado a medidas de otro tipo de muestras (Rigalli, Pera, Di, Lucas, & Brun, 2007).

1.8.2 Método Potenciométrico

Se basa en la medición del potencial de celdas electroquímicas en ausencia de corrientes apreciables. La concentración de los iones se obtiene directamente del potencial de un electrodo de membrana selectiva de iones. Estos electrodos están casi libres de interferencias y proporcionan un medio rápido y adecuado para estimaciones cuantitativas



de numerosos cationes y aniones importantes (Rigalli, Pera, Di, Lucas, & Brun, 2007).

Dentro de este método se encuentra el denominado de ion selectivo, el cual se fundamenta en la medida del potencial de una solución que contiene iones fluoruro. Cuando se sumerge un electrodo específico para fluoruro y uno de referencia dentro de la solución se crea una corriente eléctrica entre la muestra y la solución interna del electrodo de ion selectivo, cuyo potencial será la medida de la concentración de flúor (Ver Ilustración 1) (Rigalli, Pera, Di, Lucas, & Brun, 2007).

Los métodos potenciométricos, principalmente de ion selectivo, son los más utilizados debido a la sensibilidad y selectividad de los electrodos de membrana a ciertos cationes o aniones. Además, presenta ciertas propiedades como: una mínima solubilidad aproximada a cero, conductividad eléctrica por la migración de iones sencillos cargados en el interior de membrana, y reactividad selectiva con el analito (Alarcón & Castro, 2012).

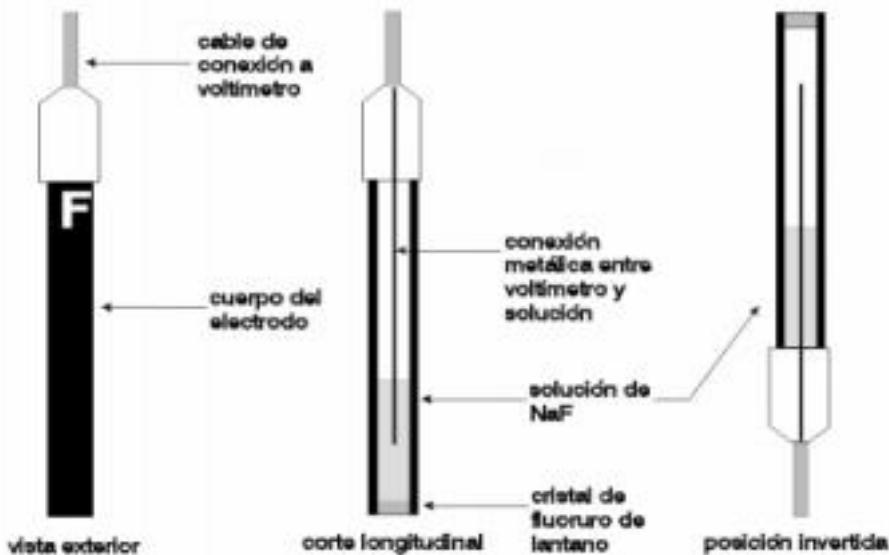


Ilustración 1. Vista exterior y corte longitudinal del electrodo (Rigalli, Pera, Di, Lucas, Brun, 2007).

1.9 Humedad en los alimentos

Todos los alimentos contienen agua en mayor o menor proporción como

agua libre o agua ligada. El hecho de conocer este contenido es de gran importancia y poder modificarlo tiene aplicaciones inmediatas en la composición centesimal del producto, controlar las materias primas en la industria y facilitar su elaboración, prolongar su conservación impidiendo el desarrollo de microorganismos y otras reacciones de deterioro químicas o enzimáticas indeseables, frenar los intentos de fraude y adulteración si el producto no cumple los límites fijados por la normativa vigente (Fernández, 2002 ; García & Fernández, 2015).

1.9.1 Determinación de la humedad

Fundamento: Cuando un producto es sometido a secado a una temperatura adecuada, presenta una pérdida de masa, debido a la evaporación del agua. Esta pérdida de agua se mide analíticamente reportándose como humedad. Para aplicar este método gravimétrico se debe utilizar una temperatura de 100 a 105°C. Además, para garantizar la completa desecación de la muestra es necesario trocearla para aumentar la superficie de contacto. También puede añadirse una sustancia inerte que se mezcla con el alimento para aumentar la superficie de desecación, evitando la formación de costras (Fernández, 2002; García & Fernández, 2015).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Población y marco muestral

La población de estudio correspondió a las diferentes marcas de sal de mesa que se distribuyen y comercializan en los supermercados dentro del cantón Cuenca, Ecuador. Para ello, se elaboró un listado de los principales supermercados presentes dentro del Cantón Cuenca, Ecuador, y se registró las marcas de sal de mesa con su respectiva presentación revisar tabla 3.

Tabla 3. Listado de los principales supermercados, marcas y respectiva presentación de sal de mesa.

SUPERMERCADO	MARCA	PRESENTACIÓN		
		½ (Kg)	1 (Kg)	2 (Kg)
SUPERMAXI	1	-	X	X
	6	-	X	X
	2	X	X	-
TÍA	1	X	X	X
	3	X	X	-
	7	-	-	X
GRAN AKÍ	1	-	X	X
	5	-	X	X
	8	-	X	X
	2	X	X	-
CORALHIPERMERCADOS	1	-	X	X
	8	-	-	X
SANTA CECILIA	1	-	X	X
	4	-	X	-
MEGATIENDA DEL SUR	1	-	X	X
	4	-	X	-

Elaborado por: Jiménez Andrea; Valladares Francisco

2.2 Tamaño y selección de muestra

La unidad de análisis fue un paquete de 1 kilogramo de cada marca de sal de consumo humano disponible en los supermercados seleccionados. El número de paquetes de sal de mesa de consumo humano por marca muestreados se establecieron en base a la normativa de muestreo de sal de mesa NTE INEN 56:1973, en la que define que, la muestra deberá integrarse con 10 unidades de muestreo por cada lote de estudio. Sin embargo, en este

estudio no se prepararon muestras compuestas, sino que se analizaron individualmente las mismas.

2.3 Muestreo y recolección de la muestra

A partir del listado de los principales supermercados. Se seleccionaron 5 marcas diferentes de sal, cuya presentación sea equivalente a la unidad de análisis de 1 kilogramo. La selección de los establecimientos (principales y sucursales) para la toma de cada lote se efectuó de forma aleatoria utilizando la herramienta de aleatorización de Microsoft Excel revisar Anexo 6.

En total se tomaron 180 muestras de sal de mesa para el análisis. Para la primera marca (marca 1) se tomó 10 unidades del mismo lote por cada supermercado (6 establecimientos), obteniendo 60 muestras para el análisis. Esto se realizó debido a que la marca en estudio se encontraba presente en todos los supermercados. Para las otras marcas (marca 2, marca 3, marca 4 y marca 5) al no encontrarse presentes en todos los supermercados, se muestrearon en 3 lotes distintos, tomando 10 unidades por cada lote revisar tabla 4.

Tabla 4. Muestreo y recolección de muestras de sal de mesa.

Marca	Presentación (kg)	Nº de lotes analizados	Nº de muestras por lote	Establecimientos *	Muestras analizadas
1	1	6	10	6	60
2	1	3	10	3	30
3	1	3	10	3	30
4	1	3	10	3	30
5	1	3	10	3	30
Total, muestras analizadas					180
*La selección de establecimientos entre principales y sucursales se					

efectúo aleatoriamente.
Elaborado por: Jiménez Andrea; Valladares Francisco

Al recolectar las muestras se llenó un registro de muestreo conforme a lo establecido en la NTE INEN 56 (Anexo 2). Para evitar que las muestras adquiridas sufran alguna alteración se almacenaron en un lugar libre de humedad y a temperatura ambiente (Anexo 3).

2.3 Análisis de laboratorio

2.3.1 Determinación de flúor por el Método de ion específico

La determinación de la concentración de flúor en la muestra de sal se realizó por duplicado mediante el método de ion específico, tomando como referencia la norma INEN NTE 2254; 2000. El equipo presenta una sensibilidad de 10^{-6} M flúor (0.02ppm) y una especificidad del 99.95%. Es importante mencionar que la norma no está actualizada por lo que ciertos puntos de la técnica fueron modificados, tal fue el caso de la curva de calibración, que se usó la establecida por el laboratorio de análisis Biológico de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca. Además, el Electrodo ORION #9609 BNW, genera resultados de lectura en ppm y para expresar el resultado se ajustó el valor obtenido a las diluciones del proceso, a diferencia de la norma INEN que la interpretación lo realiza por interpolación lineal. El procedimiento de análisis se llevó a cabo en el Laboratorio antes mencionado (Anexo 4).

2.3.1.1 Equipos, materiales y reactivos

2.3.1.1.1 Equipos

- Electrodo ORION #9609 BNW, con analizador ion específico, marca ORION 4-STAR pH/ISE
- Balanza Analítica, Marca “OHAUS”

2.3.1.1.2 Materiales

- Pipetas serológicas 10 ml
- Balones de aforo 100 ml
- Frascos de plástico 100ml
- Piseta 1000ml

- Agitador magnético

2.3.1.1.3 Reactivos

- Cloruro de plata (AgCl)
- Buffer de ajuste de fuerza iónica total (TISAB)
- Ácido nítrico (HNO₃) 2%
- Agua destilada, conductividad menor a 3

2.3.1.2 Procedimiento

a. Preparación de Reactivo TISAB

La solución TISAB es una solución buffer que se agrega tanto a los estándares como muestras con el objetivo de fijar la actividad iónica de la solución para que vuelva constante mediante el ajuste del pH de la solución entre 5 y 5.5.

- En un vaso de precipitación de 1000 ml se añade 500 mL de agua destilada.
- Agregar 57 ml de ácido acético glacial, mezclar adecuadamente
- Agregar 58 g de cloruro de sodio y 4g de CDTA (ácido trans-1,2-diaminociclohexano • N,N,N,N tetracético), mezclar la solución resultante y colocar en un baño de agua fría. Adicionar lentamente alrededor de 120 ml de solución de NaOH 6 M con agitación continua hasta llegar a un rango de pH entre 5 a 5.5
- Aforar a 1 litro de solución.

b. Preparación del electrodo de flúor

- Tomar al electrodo en posición vertical
- Llenar la cámara del electrodo con la solución optimizadora de resultados que consiste en cloruro de plata (AgCl), hasta cubrir la unión de referencia. Es importante que este nivel se mantenga 25 mm por encima del nivel de la solución o muestra a medirse.
- Invertir el electrodo para una buena homogeneización, regresando el electrodo a su posición original.
- Finalmente remover la capa del electrodo para realizar las mediciones.

c. Preparación de la curva de calibración de electrodo de ion selectivo con patrones establecidos

En la Tabla 5 se describen los patrones necesarios para realizar la calibración. Es aconsejable la realización de la misma al iniciar el trabajo con

el electrodo. Las soluciones necesarias se obtuvieron a partir de la solución madre de NaF 1000 mg/L.

Tabla 5. Patrones utilizados para la curva de calibración del electrodo de ion selectivo.

Número de Patrón	Dilución	Concentración (ppm)
1	10^{-1}	190
2	10^{-2}	19
3	10^{-3}	1.9
4	10^{-4}	0,19
5	10^{-5}	0,019

Fuente: Elaboración propia, ppm: partes por millón

d. Preparación de la muestra de sal de mesa para determinación de flúor

Se pesó 2,5 gramos de la muestra de sal, se disolvió con ayuda de una varilla de plástico y se aforó con agua destilada de conductividad menor a 5 S/m en un balón 100 ml.

Posteriormente, con la ayuda de una pipeta serológica de plástico se tomó una alícuota de 10 ml de la muestra ya preparada, se añadieron 10 ml de la solución de TISAB, incorporando finalmente un magneto al recipiente de plástico, el proceso se realizó por duplicado y se identificó con su respectivo código. Quedando así, lista para la determinación potenciométrica de ion flúor. Finalizado el proceso de calibración del electrodo se procede de la siguiente manera:

1. Enjuagar el electrodo con agua destilada, y secar con papel toalla sin frotar. Colocar la muestra sobre el agitador magnético e introducir el electrodo
2. Presionar "medir" para comenzar la medición. Una vez estabilizada la medición, el medidor registra los datos.
3. Esperar de 3 a 5 minutos y retirar el electrodo de la muestra, enjuagarlo con abundante agua destilada, secar

sin frotar con papel toalla

4. Colocar la siguiente muestra sobre el agitador magnético, introducir el electrodo y repetir los pasos señalados en el punto 3 y 4.
5. Realizar la lectura por duplicado

2.3.2 Determinación de la humedad por el Método de Desecación en Horno de aire

La determinación de humedad presente en las muestras de sal de mesa se realizó por triplicado mediante el método de desecación en horno de aire, tomando como referencia el protocolo establecido por el Laboratorio del Grupo de Investigación “Alimentación, Nutrición y Salud”, Departamento de Biociencias de la Universidad de Cuenca (Anexo 5).

2.3.2.1 Equipos, materiales y reactivos

2.3.2.1.1 Equipos

- Balanza Analítica, marca BOECO Germany
- Estufa, marca MEMMERT, modelo INB200

2.3.2.1.2 Materiales

- Cápsulas de porcelana
- Varillas de vidrio
- Desecador
- Espátula
- Pinzas para cápsula

2.3.2.2 Procedimiento para la determinación de humedad en muestra de sal de mesa.

Con el material limpio y rotulado se procedió de la siguiente manera;

- Secar una cápsula de porcelana (más una varilla de vidrio) por al menos 2 horas en el horno a 105° C. Dejar que la cápsula se enfríe en el desecador (30 min).
- Pesar la cápsula (más varilla de vidrio) con una precisión de 1mg.

- Encerar y pesar analíticamente 5g de muestra en la cápsula.
- Secar la cápsula (más varilla de vidrio) con la muestra durante 2 horas a 105º C.
- Dejar enfriar en el desecador a temperatura ambiente (20 min).
- Pesar con precisión de 1mg.
- Secar de nuevo durante 30 min, enfriar y pesar.
- Repetir este procedimiento hasta alcanzar un peso constante de (+/- 1 mg entre dos pesadas consecutivas).

2.4 Interpretación de los resultados.

Es importante destacar que el potenciómetro mide el ion fluoruro presente en la muestra, debido a que en solución acuosa se presenta de esta forma. Sin embargo, para el análisis de resultados se expresa como ppm de flúor. Para el ajuste de flúor en peso seco en la muestra de sal de mesa, se determinó el porcentaje de materia seca mediante el método de desecación, posteriormente con el valor obtenido por el método de potenciómetro de ion flúor (ppm de flúor en peso fresco) se realizó el ajuste mediante la siguiente fórmula:

$$\text{ppm en peso seco} = \text{ppm en peso fresco} \times 100 / \% \text{MS}$$

Finalmente, los datos obtenidos fueron sometidos a diferentes análisis estadísticos para su comparación entre marcas como entre lotes.

2.5 Análisis de datos

Para comparar la concentración de flúor entre las diferentes marcas comerciales de sal de mesa y diferentes lotes de producción. Los datos fueron analizados en el programa Stata versión 10.0. Se realizó un análisis descriptivo del flúor expresado en peso seco y análisis comparativo entre marcas y entre lotes mediante ANOVA y post-hoc ANOVA, utilizando un 5% de nivel de significancia.

Para evaluar el cumplimiento de las especificaciones de concentración de flúor en la sal de mesa de acuerdo con lo establecido por la norma INEN 57:2010, se realizó un análisis comparativo entre flúor ajustado por la humedad y el valor referencial establecido en la norma por medio de pruebas t de Student de una muestra utilizando un 5% de nivel de significancia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fluoración de la sal de mesa constituye un método preventivo de salud pública exitoso en varios países en el mundo por brindar a la población protección contra la caries dental. (Crowther, 2004).

En este estudio se evaluó la concentración de flúor expresado en peso seco de la sal de mesa y además de un análisis comparativo entre marcas y lotes. En la tabla 6 se observa el promedio de ppm de flúor ajustado a la humedad de las diferentes marcas comerciales. Es importante destacar que, de las marcas analizadas, 2 de ellas no registraron valor alguno de flúor en sus muestras.

Tabla 6. Promedio de ppm de flúor expresados en peso seco de las diferentes marcas.

Marca	Nº	Promedio (ppm)	Desviación estándar	Media de error estándar	Min (ppm)	Máx (ppm)
1	60	214,96	58,03	5,29	204,47	225,45
2	30	0	0	0	0	0
3	30	0,05	0,22	0,029	0,001	0,1061
4	30	0,97	1,49	0,192	0,587	1,359
5	30	189,95	41,22	5,32	178,30	199,60

ppm: partes por millón, Min: mínimo, Máx.: máximo. Elaborado por: Jiménez Andrea; Valladares Francisco

3.1 Evaluación del cumplimiento de los requisitos de flúor en la sal de mesa establecidos por la normativa vigente del país.

En la norma nacional vigente se establecen requisitos físicos y químicos que la sal debe cumplir para ser apta para el consumo humano. La NTE INEN 57; 2010, establece que el límite máximo permisible respecto a la cantidad de flúor es de 200 - 250 ppm.

Para verificar si las marcas analizadas cumplieron con la especificación mencionada en la normativa, se aplicó una prueba t Student de una muestra con cada una de las medias de las marcas de sal de consumo humano.

En el análisis se observó que la diferencia entre las medias de las concentraciones de flúor de las marcas y el valor referencial fueron estadísticamente significativas con un valor de $p < 0,001$. En la tabla 7 se presenta el promedio de ppm de flúor, el resultado de la diferencia de medias con sus respectivos valores p.

Tabla 7. Resultado de la prueba t de una muestra de cada marca de sal.

Marca	Media de flúor (ppm)	Valor de prueba (ppm)	Valor p	Diferencia de medias
1	214,96	250	$p < 0,001$	-35,03
2	0	250	$p < 0,001$	-
3	0,05	250	$p < 0,001$	249,02
4	0,97	250	$p < 0,001$	249,02
5	189,95	250	$p < 0,001$	-61,04

ppm: partes por millón, Valor p: probabilidad de que un valor estadístico calculado sea posible dada una hipótesis nula cierta. Elaborado por: Jiménez Andrea; Valladares Francisco.

La ilustración 2, muestra el contenido promedio y desviación estándar de flúor presente en las 5 marcas estudiadas. Se puede apreciar que la marca 1 es la única que se encuentra dentro del límite permisible para flúor (200-250 mg/kg). Se observa, además, que las marcas 2 y 3 tienen un valor de cero, y las marcas 4 y 5 presentan un valor inferior a lo establecido por la norma, razón por la cual estarían incumpliendo con este parámetro de la normativa vigente.

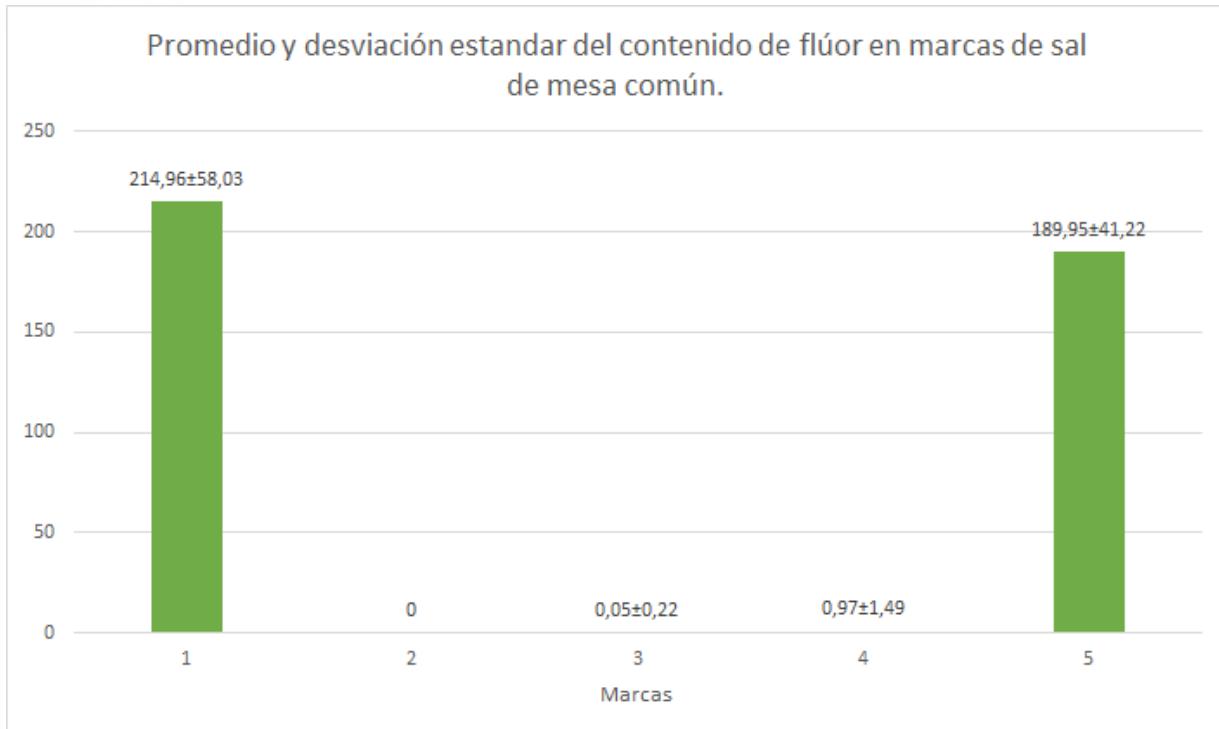


Ilustración 2 Contenido de ppm promedio de Flúor de 5 marcas.

En las ilustraciones 3 y 4 indican el porcentaje de muestras de cada marca que se encuentran dentro del rango referencial, donde se observó que, solo el 40 % de las muestras de la marca 1 cumplieron con las especificaciones, mientras que en la marca 5 solo el 33% de muestras se encontraron dentro del rango permitido y las marcas restantes incumplieron en el 100% de este requisito.

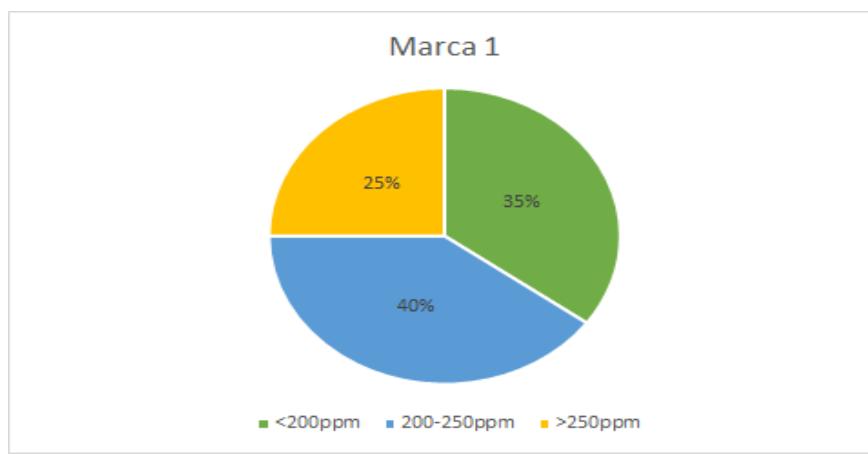


Ilustración 3 Porcentaje de muestras de marca 1 que cumplen con el rango referencial.

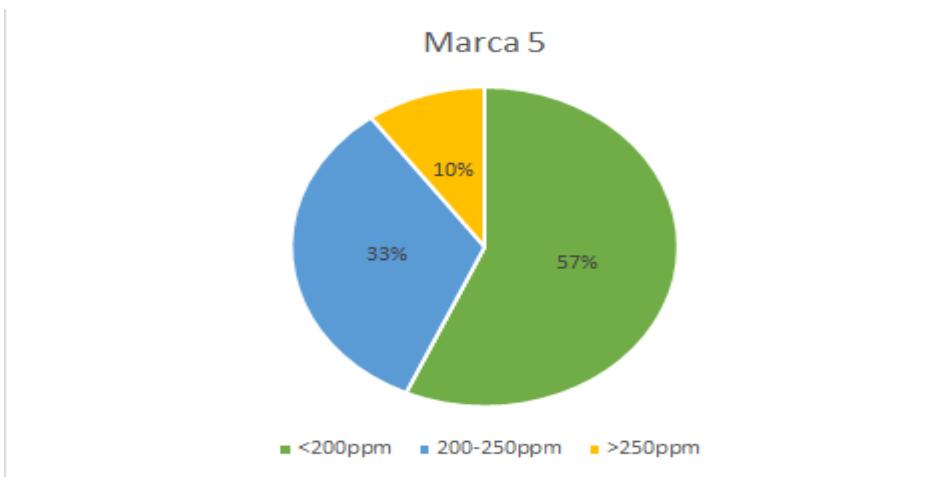


Ilustración 4 Porcentaje de muestras de marca 5 que cumplen con el rango referencia.

De un total de 180 muestras de sal de mesa común analizadas por duplicado y recolectadas en los diferentes supermercados dentro del cantón Cuenca Ecuador, el 72% de muestras tienen un valor inferior a 200 ppm, el 10% un valor superior 250 ppm y únicamente el 18% de las muestras encuentran dentro del rango permitido (200 -250 ppm) según la normativa nacional. En la ilustración 5 se observa el porcentaje de contenido de flúor presentes en las muestras de sal.

Contenido de Flúor en muestras de sal de mesa común recolectadas en el Cantón Cuenca - Ecuador

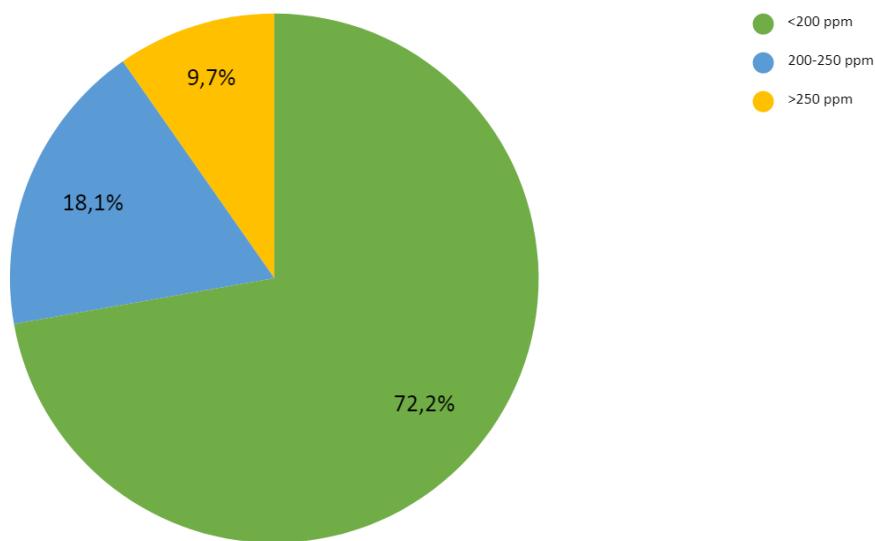


Ilustración 5. Porcentaje de contenido de flúor presentes en las muestras de sal analizadas.



Existen diferentes estudios realizados en la región que demuestran que la mayoría de las muestras de sal de mesa común para el consumo humano no cumplen con lo especificado en la normativa. En el año 2015 un estudio realizado en la ciudad de Quito, Ecuador evidenció que de las 3 marcas analizadas ninguna cumplía con la normativa vigente, 2 de las marcas tenían un valor de cero, y una marca tuvo un valor inferior a la norma establecida (200-250 mg/kg) (Rodríguez, 2015).

Otro estudio realizado en Perú en el año 2017 evidenció que, de las 2 marcas de sal analizadas, alrededor del 55% de las muestras, tenían la concentración de flúor estándar (200- 250 ppm) establecido por la Norma Técnica Peruana (NTP) (Jauregui, 2017). En el año 2019 un nuevo estudio se realizó en este país evaluando las mismas marcas de sal y los resultados no difirieron del estudio anterior (Vázquez, 2019).

En Colombia en el año 2016 también se realizó un estudio para evaluar el cumplimiento de la norma, analizaron 40 muestras de 8 marcas de sal y encontraron una concentración promedio de 186,71 ppm; estando el valor dentro de su norma nacional (180-220 ppm) (Gómez, Calderón, Mora, & Aguilera, 2017).

En un estudio realizado en Guatemala entre el año 2014 y 2015, determinaron que el 97.5% de las 277 muestras de sal recolectadas en los mercados no cumplía con la norma de fortificación con flúor pues no se encontró ningún rastro de este micronutriente, a pesar de la obligatoriedad de fortificación desde el año 2004 en este país (Villagrán, y otros, 2015).

Los valores inferiores de la cantidad de flúor en la sal de mesa ponen en evidencia la necesidad de un mayor control y seguimiento por parte de las autoridades de salud, control sanitario para evaluar y monitorizar la cantidad de flúor que se especifica en la normativa y en consecuencia que la población en general recibe. Es importante destacar que todas las marcas estudiadas en su empaque detallaron que eran fluoradas y que cada paquete contiene la cantidad de flúor requerido. Sin embargo, como se explicó anteriormente existen marcas que no contienen ningún rastro

de este micronutriente. Cabe mencionar que el equipo utilizado presenta una sensibilidad de 10^{-6} M flúor (0.02ppm) por lo que la ausencia de este elemento en las muestras, se atribuyó al incumplimiento de la norma y más no por falta de detección del equipo.

En el país existen pocas evidencias acerca del análisis de flúor en sal de mesa de consumo humano, es por esto por lo que es necesario seguir con investigaciones que permitan el monitoreo de las políticas de prevención en lo que respecta con la salud oral, reduciendo de esta manera los posibles niveles de caries en la población y prevenir casos de fluorosis a futuro.

Un estudio realizado en el año 2018 en Quito, Ecuador; determinó que el 63% de la población ecuatoriana tiene un elevado consumo de sal de mesa (Sisa, y otros, 2018). El resultado obtenido en esta investigación indica que la ausencia de flúor en algunas marcas de sal podría ayudar indirectamente a contrarrestar la posible aparición fluorosis dental, debido a que, si existe un mayor consumo de dicho producto, también existiría un mayor consumo de flúor. Por lo que, el incumpliendo de este parámetro ayudaría a disminuir la probabilidad de aparición de esta enfermedad. Sin embargo, el objetivo de este estudio fue la valoración del cumplimiento de la normativa vigente.

Además, se ha demostrado que la fluoración de sal es un método efectivo para disminuir la caries dental en la población, el incumplimiento de este parámetro sería un factor que aumentaría el problema. La consecuencia de incumplir esta normativa se vería reflejada en mayor medida en las poblaciones rurales debido a que estudios han demostrado que la aparición de caries está relacionada con el nivel sociodemográfico, al igual que el acceso a la asistencia sanitaria que mantienen una asociación estadísticamente significativa con la prevalencia de caries dental (Ortega, Guerrero, & Aliaga, 2018).

3.2 Comparación de la concentración de flúor entre las diferentes marcas comerciales de sal de mesa.

Se realizó un análisis comparativo entre la concentración de flúor de las diferentes marcas de sal de consumo humano, encontrándose una variación significativa entre las mismas. En la marca 2 se observó que ninguna de sus muestras contenía flúor, y en la marca 3 solo una de sus muestras presentaba una ligera cantidad de flúor; razón por la cual se excluyó del estudio comparativo ANOVA.

Mediante el análisis de varianza entre las medias de las marcas 1, 4 y 5 se obtuvo un valor de $p<0,001$ lo que demuestra diferencias estadísticamente significativas entre las mismas. En la tabla 8 se indican los resultados obtenidos.

Tabla 8. Resultados de la prueba ANOVA con los valores p de cada marca.

Marcas	1	2*	3*	4	5
Promedio de flúor (ppm)	214,42	-	-	0,97	188,79
Valor p	$p<0,001$				

* Las marcas se excluyeron del análisis ANOVA
 Elaborado por: Jiménez Andrea; Valladares Francisco.

También se ejecutó un análisis pos-hoc ANOVA entre marcas mediante Prueba de Scheffe (se aplica para hacer comparaciones múltiples de las medias de grupos), la misma que permite identificar entre qué muestras presentan diferencia. Se identificó que los valores promedio de ppm de flúor entre la marca 1 y la marca 4 presentaron una diferencia significativa $p<0,001$, siendo el promedio de la marca 1 superior con 214,42 ppm con respecto al promedio de la marca 4.

También se determinó que los valores promedios de ppm de flúor entre la marca 4 y la marca 5 presentaron una diferencia significativa $p<0,001$, siendo el promedio de marca 5 superior con 188,799 ppm con respecto al promedio de la marca 4.

Finalmente se analizó la variación entre la marca 1 y la marca 5 observando también una diferencia significativa $p<0.001$, en esta ocasión el promedio de la marca 1 es 25.62 ppm superior con respecto a la otra analizada revisar tabla 9.

Tabla 9. Comparación de promedios de flúor por marcas mediante análisis pos-hoc ANOVA.

Marcas/Medias	1	4
4	-214,42 p = 0,001	
5	-25,62 p = 0,002	
		188,79 p = 0,001

*Esta tabla se lee siguiendo la dirección de las líneas, así, por ejemplo: Entre los valores promedio de marca 1 y marca 4 existe una diferencia significativa $p<0,001$, siendo el promedio de la marca 1 superior con 214,42 ppm con respecto a la marca 4.
Elaborado por: Jiménez Andrea; Valladares Francisco.

La variación del flúor entre marcas puede deberse a la diferencia en el procedimiento de cada empresa al agregar la cantidad de flúor para su fortificación, así como su mezclado. Según Torres (2016) el proceso de adición de los aditivos en una de las empresas en estudio lo realiza mediante un sistema de goteo por gravedad que tiene 3 mangueras surtidoras, posteriormente la sal es llevada por un elevador de cangilones hacia tolvas mezcladoras. Sin embargo, Herrera (2014) establece que hay otras empresas que durante el proceso de mezclado utilizan tanques mezcladores donde se aplica el flúor para finalmente ser envasada. Si bien es difícil poder establecer una razón por la que hay diferencia entre los valores de flúor entre marcas, una de las razones principales para la variación podría ser el proceso de mezclado del producto con sus aditivos, además de una posible diferencia entre estandarización de sus procedimientos de cada empresa productora.



Otro de los factores que podría influir según Estupiñán, (2006), es la vía de fortificación de sal, el método seco que es únicamente apto para partículas de sal de un tamaño de malla de 16 o 0,046 pulgadas de diámetro es decir sal fina. Si se trabaja con una sal más gruesa, el polvo de flúor tiende a separarse de los cristales de sal y con el tiempo se deposita en el fondo de los paquetes de dicho producto haciendo que el consumidor reciba dosis irregulares. El método húmedo aplicado en un proceso continuo generalmente permite un mejor control de la concentración de flúor.

3.3 Comparación de la concentración de flúor entre los diferentes lotes de producción por marca.

En el análisis de variación de flúor entre los 12 lotes de las marcas 1, 4 y 5 se evidenció diferencias estadísticamente significativas con un valor de $p<0,001$.

También se realizó análisis de varianza dentro del grupo de lotes de cada marca, y se observó que entre los 6 lotes de la marca 1 existe una diferencia estadísticamente significativa en la concentración de flúor con un valor de $p<0,001$.

Tabla 10. Resultado de la diferencia de medias de concentración de flúor de los diferentes lotes de la marca 1

Lotes/Medias	1	2	3	4	5
2	-59,289  $p=0,001$	-9,9165  $p=0,839$			
3	-69,2055 $p=0,001$				
4	-152,429 $p=0,001$	-92,14 $p=0,001$	-82,2235 $p=0,001$		
5	-81,097 $p=0,001$	-21,808 $p=0,084$	-11,8915 $p=0,704$	70,332 $p=0,001$	
6	10,183 $p=0,823$	69,472 $p=0,001$	79,3885 $p=0,001$	161,612 $p=0,001$	91,28 $p=0,001$

Se interpreta como se explicó en la tabla 8 siguiendo la dirección de la flecha. Elaborado por: Jiménez Andrea; Valladares Francisco.

De la misma manera los 3 lotes de la marca 4 y los 3 lotes de marca 5 presentaron variación dentro de sus grupos con un valor de $p<0,001$.

Tabla 11. Resultado de la diferencia de medias de concentración de flúor de los diferentes lotes de la marca 4.

Lotes/Medias	1	2
2	-0,608 p= 0,364	
3	-1,778 p= 0,001	
		-1,17 p= 0,028

Esta tabla se lee siguiendo la dirección de las líneas. así, por ejemplo: Entre los valores promedio de lote 1 y lote 3 existe una diferencia significativa $p<0,001$, siendo el promedio de lote 1 superior con 1,77 ppm con respecto al lote 3. Elaborado por: Jiménez Andrea; Valladares Francisco.

Tabla 12. Resultado de la diferencia de medias de concentración de flúor de los diferentes lotes de la marca 5.

Lotes/Medias	1	2
2	89,6485 p= 0,001	
3	46,9735 p= 0,001	
		-42,675 p= 0,001

Esta tabla se lee siguiendo la dirección de las líneas como se explicó en la tabla 11. Elaborado por: Jiménez Andrea; Valladares Francisco.

Es importante tomar en cuenta que la variación significativa entre los lotes de cada marca podría suponer alguna falla dentro del proceso de manufactura o falta de estandarización del proceso, sin embargo, para poder afirmar esa premisa se debe realizar un control a fondo en dicho proceso.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo de titulación se evaluó la concentración de flúor en sal de mesa común de 5 marcas comerciales expedidas en los supermercados dentro del cantón Cuenca Ecuador.

Según datos obtenidos en el estudio se puede establecer que en el mercado de la ciudad de Cuenca se expenden marcas de sal que no cumplen con el parámetro de concentración de flúor establecidos en la Norma (NTE.INEN 057: 2010).

De las marcas analizadas solo la marca 1 es la única que se encuentra dentro del límite permisible para flúor (200-250 mg/kg). Mientras que las marcas 2 y 3 no contienen flúor en sus muestras y las marcas 4 y 5 presentan un valor inferior a lo establecido por la norma. Del total de 180 muestras de sal de mesa común analizadas en el estudio se determinó que el 72% de muestras tienen un valor inferior a 200 ppm, el 10% un valor superior 250 ppm y únicamente el 18% de las muestras se encuentran dentro del rango permitido.

Finalmente se determinaron diferencias estadísticamente significativas en los niveles de flúor entre las marcas, entre todos los lotes, así mismo se observó variación dentro de cada grupo de lotes de cada marca. Es importante recalcar que los valores inferiores de la cantidad de flúor en la sal de mesa evidencian la necesidad de un mayor control y seguimiento por parte de las autoridades.

El incumplimiento de la concentración de flúor de algunas marcas podría afectar la lucha contra la prevención de caries dental en poblaciones donde la fluoración de sal constituye un factor importante para cumplir los requisitos de este microelemento.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda mayor vigilancia por parte de las autoridades sanitarias competentes para que las empresas salineras cumplan con los requisitos establecidos en la norma (INEN 57: 2010) de sal para consumo humano.

También se recomienda realizar más estudios donde se evalúen todos los parámetros tanto fisicoquímicos y microbiológicos de la sal para consumo humano, enfocándose en la valoración de la concentración de yodo debido que la falta de cumplimiento de este microelemento podría causar enfermedades que afectan a la glándula tiroides y al sistema nervioso central.

Se recomienda realizar estudios de valoración de parámetros de la sal de mesa en las poblaciones rurales debido a que, si la sal no cumple con las especificaciones podría afectar o ser un factor importante para la aparición de caries dental.

En las provincias de la sierra central del Ecuador se ha determinado un alto contenido de flúor en agua potable razón por la cual se recomienda hacer un monitoreo adecuado de flúor en sal de mesa debido a que estas poblaciones deben consumir sal no fluorada.

Además, se recomienda en trabajos futuros incrementar el número de marcas de sal para su estudio, debido que en el mercado siempre hay un constante cambio y aumento de la presencia de nuevas marcas de sal para el expendio a la población.

Se recomienda realizar estudios principalmente sobre el control del proceso de fortificación de la sal de todas las empresas industriales que fabriquen dicho producto, con el fin de evaluar los métodos con los cuales proceden a la fluoración garantizando de esta manera una producción exitosa y uniforme de sal fluorada.



Adicionalmente se recomienda que, en el proceso de medición de flúor por medio de potenciómetro, se utilice material de plástico para evitar interferencias y que el electrodo pierda su sensibilidad.

REFERENCIAS

- Adas, S., Saliba, O., Marques, L., & Garbin, A. (2015). Dental fluorosis and its influence on children's life. *Brazilian Oral*, 1-7. Obtenido de <http://www.scielo.br/pdf/bor/v29n1/1807-3107-bor-29-1-1807-3107BOR2015vol290014.pdf>
- Alarcón, B., & Castro, S. (abril de 2012). Determinación de la concentración de fluoruro por medio del método de ion selectivo en agua potable. El Salvador: Universidad de El Salvador. Obtenido de http://ri.ues.edu.sv/2068/1/Determinaci%C3%B3n_de_la_concentraci%C3%B3n_de_fluoruro_por_medio_del_m%C3%A9todo_de_ion_selectivo_en_agua_potable_que_se_distribuye_en_el_Cant%C3%B3n_Ojo_de_Agua_Municipio_de_Huizucar_Departamento_de_la.Libertad.
- Angeles, E., Soto, A., Buckley, C., & Stookey, G. (2004). Evaluación del contenido de flúor en sal de mesa fluorada. *Salud Pública en México*, 46(3). doi:10.1590/S0036-36342004000300004
- Ararat Ospina, J. A. (2007). Diseño para un Sistema de obtención de cristalización de Sal. Obtenido de Universidad del Valle: http://www.ilustrados.com/documentos/diseno_sistema--obtencion-cristalizacion-190707.pdf
- Barrasa, R. A. (2013). Fluoruro en alimentos: contenidos, bioaccesibilidad y absorción por el epitelio intestinal. [Tesis Doctorado]. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- CODEX STAN 150. (2010). Obtenido de Revisión de la Norma para la Sal de Calidad Alimentaria http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCFA/ccfa43/fa43_15s.pdf
- Crowther, C. (2004). Evaluación del contenido. *Salud Pública de México*, 46(3), 195- 198. Obtenido de https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/ spm/v46n3/a01v46n3d.pdf
- Estupiñán, S. (2006). Promoción de la Salud Bucodental: El uso de la fluoración de la sal para prevenir la caries dental. Washington: OPS. Obtenido de <http://new.paho.org/hq/dm/documents/2009/salt%20book.pdf>

- Fernández, H. Z. (2002). Análisis químico de los alimentos. Métodos Clásicos. La Habana: Universitaria. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=GI_zDwAAQBAJ&pg=PA177&dq=Metodo+de+humedad+en+alimentos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjjm5SGv4_tAhUkx1kKHVeEqBEcQ6AEwBXoECAkQAg#v=onepage&q=Metodo%20de%20humedad%20en%20alimentos&f=false
- García, E., & Fernández, I. (2015). ETSIAMN. Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20humedad.pdf>
- Gómez, A., Calderón, E., Mora, J., & Aguilera, C. (2017). Concentración de Fluoruros en sal de cocina y agua que ingieren los habitantes de Villavicencio Colombia. Colombiana De Investigación en Odontología, 10, 7'9. doi:10.25063/21457735.233
- Gómez, G., Gómez, D., & Martín, M. (mayo de 2002). Flúor y Fluorosis dental. Canaria. Obtenido de <https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/content/c7371f7e3ed8-11de-ac1c-2ff2cc426c4d/FluoryFluorosisWeb.pdf>
- Gotzfried, F. (2006). Production of fluoridated salt. Obtenido de https://www.swissdentaljournal.org/fileadmin/upload_sso/2_Zahnärzte/2_SDJ/SMfZ_2006/SMfZ_04_2006/smfv-04-forschung3.pdf
- Harris, & García-Godoy. (2005). Odontología preventiva primaria. México: Editorial Manual Moderno.
- Herrera, A. B. (2014). FAMOSAL S.A. Obtenido de <http://186.101.98.14/bitstream/redug/3811/1/035.%20ING.%20GERARDO%20HERRERA.pdf>
- Hurtado, R., Gardea, J., 2005. Estimation of exposure to fluoride in Los Altos de Jalisco México. Rev. Salud Públ. México, 47(1), 58-63.
- INEN, 57. NTE. (marzo de 2015). Sal para consumo humano: Requisitos. Quito, Ecuador. Obtenido de https://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_57-4.pdf

- INEN, 2254. (2000). Sal para consumo humano. Determinación de Fluoruro. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2254.pdf>
- Jarquín, L., Mejía J., Molina, N., Gaona, E., Rocha., D., López, O., & Bologna, R. (2015). Association between urine fluoride and dental fluorosis as a toxicity factor in a rural community in the state of San Luis Potosí. *Scientific World J*, 1-5. Obtenido de <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2015/647184/>
- Jauregui, J. (2017). Evaluación de la concentración de fluoruros en sal de mesa de mayor consumo en supermercados de Lima-Perú. ¿Obtenido de http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/3714/Evaluacion_JaureguiUlloa_Jaccare.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Licata, M. (10 de marzo de 2014). El flúor en la nutrición. Obtenido de <http://www.zonadiet.com/nutricion/fluor.htm>
- Makhumula, P., Guamuch, M., & Dary, O. (2007). Manual for internal monitoring of salt fortified with iodine for internal monitoring of salt Fortified with iodine. Obtenido de <https://ecsahc.org/wp-content/uploads/2017/06/Salt-Large-Internal-Monitoring-QAQC.pdf>
- Martínez, E. (2004). Evaluación del Contenido de flúor en sal de mesa fluorada. *Scielo*, 197 - 198. DOI: 10.1590/S0036-36342004000300004
- Márquez, J. (2017). El flúor. Obtenido de <http://www.uaslp.mx/ComunicacionSocial/Documents/Divulgacion/Revista/Catorce/212/202-05.pdf>
- Miñana, V. (2010). Fluoride and prevention of dental caries in childhood. *Act Pediatr Esp*, 68(4), 185-194. Obtenido de <https://www.actapediatrica.com/index.php/secciones/nutricion-infantil/146-el-fluor-y-la-prevención-de-la-caries-en-la-infancia-actualización-ii#.XWgmlihKhdg>
- Molina, N. (2005). Declinación de las caries dentales, fluoración de la sal y fluorosis dental. UAM. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revinvcli/nn 2005/nn054f.pdf>

prevalencia de la caries dental en población escolar de zonas rurales y urbanas de Ecuador. *OdontoInvestigación*, 20-31.

- Palacios, V., Díaz, J., Roldán, A., & Gilabert, J. (2014). Procedimiento para la yodación industrial de la sal marina. Obtenido de <https://patentimages.storage.googleapis.com/55/8e/32/8243ac90952405/WO2014053675A1.pdf>
- Parra, J., Astudillo, D., Cedillo, N., Ordoñez, G., & Sempértegui, F. (2012). Fluorosis dental: Prevalencia, grados de severidad y factores de riesgo en niños de 7 a 13 años del Cantón Cuenca. MASKANA. Obtenido de <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/393/335>
- Rigalli, A., Pera, L., Di Loreto, V., & Brun, L. (2007). Determinación de la concentración de Flúor en muestras Biológicas. Obtenido de https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/6701/electrodo_fluor_final.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Rivas, J., & Huerta, L. (2005). Fluorosis Dental: Absorción, Distribución y Metabolismo del flúor. ADM, 225-229.
- Rodríguez, O. (2015). Evaluación de parámetros fisicoquímicos de 3 marcas de sal de Consumo Nacional en el Ecuador Continental. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9683/6/UPS-QT06961.pdf>
- Rosales, M. d. (2003). Evolución de la fluorización como medida para prevenir la caries dental. *Cubana Salud Pública*, 29(3), 268-274. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcsp/v29n3/spu11303.pdf>
- Shivarajashankara, Hanumanth, S., & Gopalakrishna, P. (2001). Oxidative stress in children with endemic skeletal fluorosis. *Fluoride*, 34, 103.
- Sisa, I., Herrera, E., Bovera, M., Palomeque, M., & Terán, E. (2018). Urinary sodium excretion in a young to middle-aged adult urban population: a pilot study in Ecuador. *Scielo*, 568-573. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v20n5/0124-0064-rsap-20-05-568.pdf>
- Torres, F. (2016). Plan Manejo Ambiental de Ambiental JUEZA S.A. JUEZASA SAL PACÍFICO. Obtenido de

<https://guayaquil.gob.ec/Participacion%20Social/EIA%20JUEZAS A.pdf>

- Vásquez, J. S. (2019). Comparación entre la concentración de flúor de la sal de cocina comercializada en la provincia de Trujillo con la concentración de la Norma Nacional Vigente del año 2017. Perú: ULADECH. Obtenido de http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/10084/CLORURO_DE_NTAL%20_SEGURA_VASQUEZ_JULIA_ELENA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Villagrán, V., Sánchez, E., Castañeda, M., Guerrero, J., Berthet, E., Búcaro, J. Saénz, W. (2015). Concentración de flúor y yodo en sal de consumo humano disponible en mercados de la República de Guatemala 2014 - 2015. Guatemala.

ANEXOS

Anexo 1. Listado de los principales supermercados presentes dentro del Cantón Cuenca, Ecuador, con sus respectivas marcas y presentación de sal de mesa común.

SUPERMERCADO	EMPRESA	MARCA	PESO (Kg)
SUPERMAXI	FAMOSAL	2 O	1/2
			1
	ECUASAL	6 S	1
			2
		1 C	1
			2
TÍA	ECUASAL	1 C	1/2
			1
			2
	JUEZASA	3 P	1/2
			1
		7 T	2
GRAN AKÍ	ECUASAL	1 C	1
			2
		5 A	1
			2



		8 V	2
CORALHIPERMERCADOS	FAMOSAL	2 O	1/2
			1
SANTA CECILIA	ECUASAL	1 C	1
			2
		8 V	2
MEGATIENDA DEL SUR	SALFIPIL	4 B	1
			1
			2
	ECUASAL	1 C	1
			2
			1
	SALFIPIL	4 B	2
			1

Anexo 2. Formulario de recolección de muestras de sal de mesa

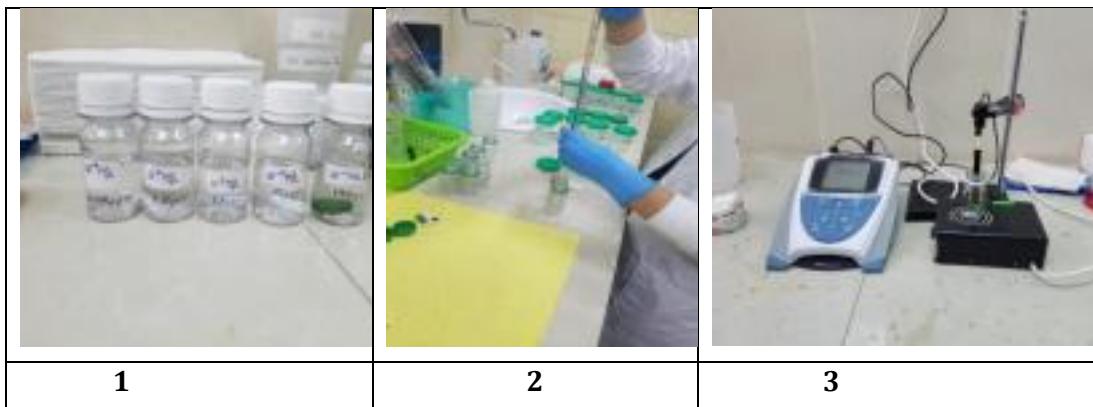
Marca comercial	
Lugar de toma de muestra	
Dirección del lugar de toma de muestra	
Nº de Lote	
Registro sanitario	
Lugar de origen	
Fecha de elaboración	

Fecha de vencimiento	
Tipo de envase	

Anexo 3. Muestreo y almacenamiento de muestras con su formulario de datos de identificación conforme a la NTE INEN 56. 1. Muestreo. 2. Identificación de las muestras. 3. Almacenamiento de muestras para su posterior análisis de flúor.



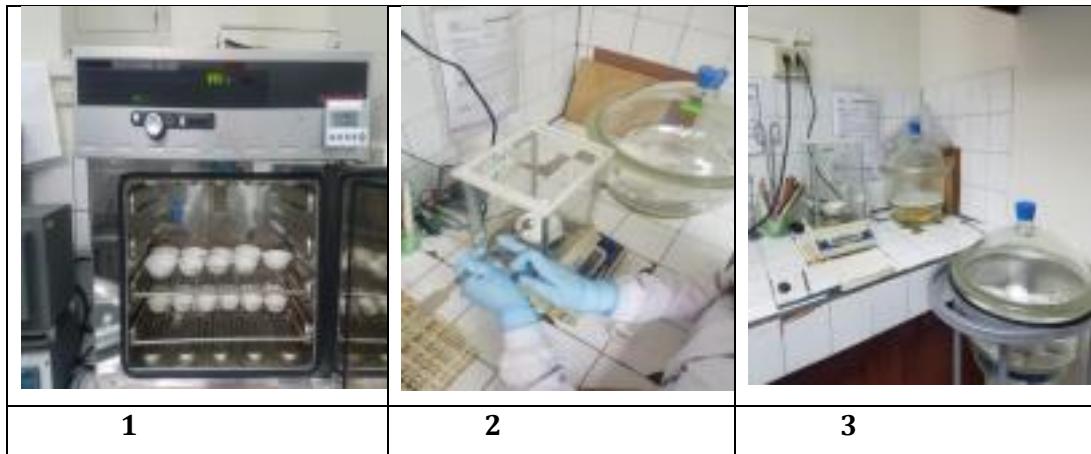
Anexo 4. Determinación de concentración de flúor por el método de ion específico. 1. Preparación de patrones para la calibración del equipo. 2. Preparación de las muestras para leer en el equipo. 3. Electrodo con analizador ion específico Marca ORION 4-STAR pH/ISE





Anexo 5. Determinación de humedad por el Método de Desecación. 1.

Preparación de materiales. 2. Pesaje de las muestras. 3. Determinación de pesos constantes.



Anexo 6. Base de datos para obtener los resultados de las 5 marcas de sal de mesa común de la concentración de flúor ajustado a la humedad (ppm), siendo 6 lotes de la marca 1, y 3 lotes de las marcas 2,3,4 y 5.

Réplica	Nº Muestra	Marca	Lote	% Materia Seca	ppm flúor en peso seco
1	1	1	1	99,91	288,35
2	1	1	1	99,88	292,26
3	1	1	1	99,90	
1	1	1	2	99,91	236,24
2	1	1	2	99,93	236,28
3	1	1	2	99,93	
1	1	1	3	99,88	206,29
2	1	1	3	99,91	208,24
3	1	1	3	99,93	
1	1	1	4	99,92	128,15
2	1	1	4	99,90	128,17
3	1	1	4	99,90	
1	1	1	5	99,95	176,15
2	1	1	5	99,93	176,18
3	1	1	5	99,98	
1	1	1	6	99,86	300,49
2	1	1	6	99,86	304,52
3	1	1	6	99,90	
1	1	2	1	99,85	0,00
2	1	2	1	85,92	0,00
3	1	2	1	99,91	
1	1	2	2	99,77	0,00
2	1	2	2	99,75	0,00
3	1	2	2	99,74	
1	1	2	3	99,77	0,00
2	1	2	3	99,82	0,00
3	1	2	3	99,71	
1	1	3	1	99,65	1,27
2	1	3	1	99,61	1,29
3	1	3	1	99,57	
1	1	3	2	99,82	0,00
2	1	3	2	99,81	0,00
3	1	3	2	99,77	
1	1	3	3	99,67	0,00
2	1	3	3	99,67	0,00



3	1	3	3	99,66	
1	1	4	1	99,68	5,24
2	1	4	1	99,64	7,66
3	1	4	1	99,67	
1	1	4	2	99,70	1,61
2	1	4	2	99,75	2,98
3	1	4	2	99,78	
1	1	4	3	99,66	0,00
2	1	4	3	99,64	0,00
3	1	4	3	99,68	
1	1	5	1	99,98	118,07
2	1	5	1	99,99	136,07
3	1	5	1	100,00	
1	1	5	2	99,92	216,40
2	1	5	2	99,91	228,44
3	1	5	2	99,93	
1	1	5	3	99,81	212,36
2	1	5	3	99,85	212,43
3	1	5	3	99,92	
1	2	1	1	99,86	300,46
2	2	1	1	99,86	300,47
3	2	1	1	99,85	
1	2	1	2	99,88	228,33
2	2	1	2	99,88	228,34
3	2	1	2	99,90	
1	2	1	3	99,91	204,12
2	2	1	3	99,95	204,20
3	2	1	3	99,95	
1	2	1	4	99,85	96,12
2	2	1	4	99,88	96,16
3	2	1	4	99,85	
1	2	1	5	99,96	212,20
2	2	1	5	99,95	216,19
3	2	1	5	99,93	
1	2	1	6	99,93	336,32
2	2	1	6	99,94	336,34
3	2	1	6	99,96	
1	2	2	1	99,63	0,00
2	2	2	1	99,11	0,00



3	2	2	1	108,98	
1	2	2	2	99,80	0,00
2	2	2	2	99,80	0,00
3	2	2	2	99,72	
1	2	2	3	99,76	0,00
2	2	2	3	99,76	0,00
3	2	2	3	99,67	
1	2	3	1	99,66	0,03
2	2	3	1	99,62	0,04
3	2	3	1	99,67	
1	2	3	2	99,66	0,00
2	2	3	2	99,69	0,00
3	2	3	2	99,70	
1	2	3	3	99,61	0,00
2	2	3	3	99,65	0,00
3	2	3	3	99,61	
1	2	4	1	99,65	3,21
2	2	4	1	99,68	3,92
3	2	4	1	99,69	
1	2	4	2	99,46	0,80
2	2	4	2	99,45	0,99
3	2	4	2	99,42	
1	2	4	3	99,61	0,00
2	2	4	3	99,67	0,00
3	2	4	3	99,68	
1	2	5	1	99,98	168,23
2	2	5	1	99,94	168,30
3	2	5	1	99,87	
1	2	5	2	99,87	212,44
2	2	5	2	99,91	224,38
3	2	5	2	99,84	
1	2	5	3	99,96	216,39
2	2	5	3	99,98	226,37
3	2	5	3	99,93	
1	3	1	1	99,81	284,48
2	3	1	1	99,84	284,57
3	3	1	1	99,90	
1	3	1	2	99,91	212,26
2	3	1	2	99,89	212,30



3	3	1	2	99,91	
1	3	1	3	99,91	208,13
2	3	1	3	99,94	208,19
3	3	1	3	99,90	
1	3	1	4	99,92	128,15
2	3	1	4	99,90	128,17
3	3	1	4	99,91	
1	3	1	5	99,95	196,12
2	3	1	5	99,94	196,15
3	3	1	5	99,95	
1	3	1	6	99,93	212,18
2	3	1	6	99,92	212,20
3	3	1	6	99,93	
1	3	2	1	99,66	0,00
2	3	2	1	99,65	0,00
3	3	2	1	99,66	
1	3	2	2	99,68	0,00
2	3	2	2	99,69	0,00
3	3	2	2	99,68	
1	3	2	3	99,73	0,00
2	3	2	3	99,69	0,00
3	3	2	3	99,76	
1	3	3	1	99,70	0,00
2	3	3	1	99,69	0,00
3	3	3	1	99,65	
1	3	3	2	99,84	0,00
2	3	3	2	99,86	0,00
3	3	3	2	99,86	
1	3	3	3	99,53	0,00
2	3	3	3	99,63	0,00
3	3	3	3	99,55	
1	3	4	1	99,55	2,29
2	3	4	1	99,55	2,59
3	3	4	1	99,49	
1	3	4	2	99,67	0,00
2	3	4	2	99,76	0,23
3	3	4	2	99,75	
1	3	4	3	99,65	0,00
2	3	4	3	99,68	0,00



3	3	4	3	99,69	
1	3	5	1	99,99	152,51
2	3	5	1	99,76	156,88
3	3	5	1	99,91	
1	3	5	2	99,92	254,41
2	3	5	2	99,93	264,45
3	3	5	2	99,90	
1	3	5	3	99,83	216,77
2	3	5	3	99,90	216,92
3	3	5	3	99,96	
1	4	1	1	99,92	248,21
2	4	1	1	99,91	248,23
3	4	1	1	99,95	
1	4	1	2	99,84	212,39
2	4	1	2	99,83	216,42
3	4	1	2	99,87	
1	4	1	3	99,93	204,09
2	4	1	3	99,96	204,13
3	4	1	3	99,96	
1	4	1	4	99,91	118,14
2	4	1	4	99,92	120,14
3	4	1	4	99,90	
1	4	1	5	99,93	216,16
2	4	1	5	99,93	220,15
3	4	1	5	99,94	
1	4	1	6	99,91	240,25
2	4	1	6	99,90	252,28
3	4	1	6	99,89	
1	4	2	1	99,61	0,00
2	4	2	1	99,56	0,00
3	4	2	1	99,56	
1	4	2	2	99,78	0,00
2	4	2	2	99,78	0,00
3	4	2	2	99,85	
1	4	2	3	99,76	0,00
2	4	2	3	99,78	0,00
3	4	2	3	99,76	
1	4	3	1	99,69	0,00
2	4	3	1	99,66	0,00



3	4	3	1	99,63	
1	4	3	2	99,82	0,00
2	4	3	2	99,77	0,00
3	4	3	2	99,78	
1	4	3	3	99,59	0,00
2	4	3	3	99,57	0,00
3	4	3	3	99,59	
1	4	4	1	99,68	1,27
2	4	4	1	99,58	1,73
3	4	4	1	99,66	
1	4	4	2	99,74	2,49
2	4	4	2	99,73	3,35
3	4	4	2	99,68	
1	4	4	3	99,67	0,00
2	4	4	3	99,70	0,00
3	4	4	3	99,71	
1	4	5	1	99,88	140,50
2	4	5	1	100,00	144,35
3	4	5	1	99,90	
1	4	5	2	99,93	224,18
2	4	5	2	99,94	224,22
3	4	5	2	99,94	
1	4	5	3	99,95	174,17
2	4	5	3	99,93	180,21
3	4	5	3	99,95	
1	5	1	1	99,88	274,23
2	5	1	1	99,92	276,33
3	5	1	1	99,91	
1	5	1	2	99,91	200,20
2	5	1	2	99,89	200,24
3	5	1	2	99,91	
1	5	1	3	99,90	200,20
2	5	1	3	99,93	204,13
3	5	1	3	99,91	
1	5	1	4	99,92	116,09
2	5	1	4	99,90	116,12
3	5	1	4	99,93	
1	5	1	5	99,96	212,20
2	5	1	5	99,94	212,22



3	5	1	5	99,94	
1	5	1	6	99,94	288,23
2	5	1	6	99,92	288,27
3	5	1	6	99,96	
1	5	2	1	99,62	0,00
2	5	2	1	99,55	0,00
3	5	2	1	99,57	
1	5	2	2	99,80	0,00
2	5	2	2	99,81	0,00
3	5	2	2	99,78	
1	5	2	3	99,74	0,00
2	5	2	3	99,77	0,00
3	5	2	3	99,80	
1	5	3	1	99,67	0,00
2	5	3	1	99,69	0,00
3	5	3	1	99,64	
1	5	3	2	99,75	0,00
2	5	3	2	99,77	0,00
3	5	3	2	99,73	
1	5	3	3	99,64	0,00
2	5	3	3	99,67	0,00
3	5	3	3	99,63	
1	5	4	1	99,76	0,84
2	5	4	1	99,69	1,06
3	5	4	1	99,73	
1	5	4	2	99,56	1,29
2	5	4	2	99,61	1,63
3	5	4	2	99,47	
1	5	4	3	99,72	0,00
2	5	4	3	99,70	0,00
3	5	4	3	99,72	
1	5	5	1	99,95	148,12
2	5	5	1	99,98	152,08
3	5	5	1	99,99	
1	5	5	2	99,94	232,92
2	5	5	2	99,91	240,89
3	5	5	2	99,93	
1	5	5	3	99,94	168,51
2	5	5	3	99,96	172,49



3	5	5	3	99,95	
1	6	1	1	99,93	302,21
2	6	1	1	99,91	302,28
3	6	1	1	99,95	
1	6	1	2	99,89	196,24
2	6	1	2	99,92	196,30
3	6	1	2	99,92	
1	6	1	3	99,93	200,12
2	6	1	3	99,95	200,15
3	6	1	3	99,96	
1	6	1	4	99,85	156,22
2	6	1	4	99,88	156,27
3	6	1	4	99,86	
1	6	1	5	99,89	180,21
2	6	1	5	99,89	184,20
3	6	1	5	99,89	
1	6	1	6	99,96	320,13
2	6	1	6	99,96	320,13
3	6	1	6	99,95	
1	6	2	1	99,57	0,00
2	6	2	1	99,62	0,00
3	6	2	1	99,63	
1	6	2	2	99,85	0,00
2	6	2	2	99,86	0,00
3	6	2	2	99,80	
1	6	2	3	99,69	0,00
2	6	2	3	99,72	0,00
3	6	2	3	99,74	
1	6	3	1	99,72	0,00
2	6	3	1	99,72	0,00
3	6	3	1	99,66	
1	6	3	2	99,63	0,00
2	6	3	2	99,59	0,00
3	6	3	2	99,69	
1	6	3	3	99,68	0,11
2	6	3	3	99,63	0,13
3	6	3	3	99,57	
1	6	4	1	99,58	1,79
2	6	4	1	99,60	2,69



3	6	4	1	99,64	
1	6	4	2	99,76	0,46
2	6	4	2	99,76	0,82
3	6	4	2	99,73	
1	6	4	3	99,65	0,00
2	6	4	3	99,70	0,00
3	6	4	3	99,64	
1	6	5	1	99,95	160,34
2	6	5	1	99,94	160,36
3	6	5	1	99,96	
1	6	5	2	99,91	264,64
2	6	5	2	99,93	272,60
3	6	5	2	99,95	
1	6	5	3	99,94	180,15
2	6	5	3	99,94	188,15
3	6	5	3	99,95	
1	7	1	1	99,95	232,12
2	7	1	1	99,94	234,15
3	7	1	1	99,94	
1	7	1	2	99,88	212,31
2	7	1	2	99,89	212,35
3	7	1	2	99,95	
1	7	1	3	99,92	196,17
2	7	1	3	99,92	196,18
3	7	1	3	99,96	
1	7	1	4	99,93	132,21
2	7	1	4	99,87	136,13
3	7	1	4	99,93	
1	7	1	5	99,91	180,20
2	7	1	5	99,91	184,20
3	7	1	5	99,91	
1	7	1	6	99,95	272,18
2	7	1	6	99,95	276,16
3	7	1	6	99,93	
1	7	2	1	99,72	0,00
2	7	2	1	99,67	0,00
3	7	2	1	99,75	
1	7	2	2	99,83	0,00
2	7	2	2	99,81	0,00



3	7	2	2	99,81	
1	7	2	3	99,72	0,00
2	7	2	3	99,74	0,00
3	7	2	3	99,78	
1	7	3	1	99,70	0,00
2	7	3	1	99,67	0,00
3	7	3	1	99,69	
1	7	3	2	99,59	0,00
2	7	3	2	99,59	0,00
3	7	3	2	99,60	
1	7	3	3	99,68	0,00
2	7	3	3	99,67	0,00
3	7	3	3	99,72	
1	7	4	1	99,62	0,41
2	7	4	1	99,60	0,86
3	7	4	1	99,67	
1	7	4	2	99,81	0,00
2	7	4	2	99,85	0,19
3	7	4	2	99,80	
1	7	4	3	99,71	0,00
2	7	4	3	99,75	0,00
3	7	4	3	99,73	
1	7	5	1	99,94	132,40
2	7	5	1	99,94	132,40
3	7	5	1	99,94	
1	7	5	2	99,93	228,24
2	7	5	2	99,94	240,23
3	7	5	2	99,94	
1	7	5	3	99,96	184,51
2	7	5	3	99,95	188,54
3	7	5	3	99,95	
1	8	1	1	99,93	252,17
2	8	1	1	99,93	252,18
3	8	1	1	99,92	
1	8	1	2	99,86	216,32
2	8	1	2	99,97	220,07
3	8	1	2	99,94	
1	8	1	3	99,95	216,15
2	8	1	3	99,94	216,16



3	8	1	3	99,95	
1	8	1	4	99,92	124,12
2	8	1	4	99,92	124,13
3	8	1	4	99,93	
1	8	1	5	99,94	196,14
2	8	1	5	99,91	196,20
3	8	1	5	99,93	
1	8	1	6	99,91	332,31
2	8	1	6	99,92	334,27
3	8	1	6	99,89	
1	8	2	1	99,64	0,00
2	8	2	1	99,64	0,00
3	8	2	1	99,61	
1	8	2	2	99,84	0,00
2	8	2	2	99,83	0,00
3	8	2	2	99,82	
1	8	2	3	99,69	0,00
2	8	2	3	99,76	0,00
3	8	2	3	99,77	
1	8	3	1	99,59	0,00
2	8	3	1	99,64	0,00
3	8	3	1	99,56	
1	8	3	2	99,84	0,00
2	8	3	2	99,75	0,00
3	8	3	2	99,78	
1	8	3	3	99,57	0,00
2	8	3	3	99,64	0,00
3	8	3	3	99,56	
1	8	4	1	99,62	0,00
2	8	4	1	99,70	0,00
3	8	4	1	99,74	
1	8	4	2	99,76	0,00
2	8	4	2	99,82	0,00
3	8	4	2	99,81	
1	8	4	3	99,70	0,00
2	8	4	3	99,71	0,00
3	8	4	3	99,73	
1	8	5	1	99,95	128,42
2	8	5	1	99,97	128,44



3	8	5	1	99,96	
1	8	5	2	99,91	252,43
2	8	5	2	99,91	254,42
3	8	5	2	99,90	
1	8	5	3	99,93	172,40
2	8	5	3	99,97	176,33
3	8	5	3	99,96	
1	9	1	1	99,91	268,19
2	9	1	1	99,94	268,25
3	9	1	1	99,92	
1	9	1	2	99,89	218,33
2	9	1	2	99,85	220,25
3	9	1	2	99,91	
1	9	1	3	99,93	204,15
2	9	1	3	99,94	204,17
3	9	1	3	99,94	
1	9	1	4	99,89	132,14
2	9	1	4	99,92	132,18
3	9	1	4	99,92	
1	9	1	5	99,91	160,17
2	9	1	5	99,92	160,18
3	9	1	5	99,90	
1	9	1	6	99,89	260,29
2	9	1	6	99,89	260,29
3	9	1	6	99,91	
1	9	2	1	99,69	0,00
2	9	2	1	99,69	0,00
3	9	2	1	99,68	
1	9	2	2	99,83	0,00
2	9	2	2	99,84	0,00
3	9	2	2	99,79	
1	9	2	3	99,81	0,00
2	9	2	3	99,74	0,00
3	9	2	3	99,74	
1	9	3	1	99,64	0,00
2	9	3	1	99,68	0,00
3	9	3	1	99,69	
1	9	3	2	99,72	0,00
2	9	3	2	99,79	0,00



3	9	3	2	99,81	
1	9	3	3	99,57	0,00
2	9	3	3	99,63	0,00
3	9	3	3	99,62	
1	9	4	1	99,73	0,00
2	9	4	1	99,68	0,00
3	9	4	1	99,68	
1	9	4	2	99,67	2,01
2	9	4	2	99,73	3,25
3	9	4	2	99,71	
1	9	4	3	99,70	0,00
2	9	4	3	99,71	0,00
3	9	4	3	99,73	
1	9	5	1	99,93	140,45
2	9	5	1	99,96	144,42
3	9	5	1	99,98	
1	9	5	2	99,89	216,41
2	9	5	2	99,94	232,55
3	9	5	2	99,90	
1	9	5	3	99,94	200,28
2	9	5	3	99,93	208,32
3	9	5	3	99,95	
1	10	1	1	99,93	284,20
2	10	1	1	99,93	284,21
3	10	1	1	99,94	
1	10	1	2	99,87	208,28
2	10	1	2	99,88	208,32
3	10	1	2	99,85	
1	10	1	3	99,90	204,22
2	10	1	3	99,91	204,25
3	10	1	3	99,94	
1	10	1	4	99,93	88,07
2	10	1	4	99,95	92,09
3	10	1	4	99,94	
1	10	1	5	99,93	188,18
2	10	1	5	99,95	192,21
3	10	1	5	99,93	
1	10	1	6	99,95	266,21
2	10	1	6	99,93	268,16



3	10	1	6	99,93	
1	10	2	1	99,61	0,00
2	10	2	1	99,62	0,00
3	10	2	1	99,62	
1	10	2	2	99,79	0,00
2	10	2	2	99,72	0,00
3	10	2	2	99,82	
1	10	2	3	99,81	0,00
2	10	2	3	99,78	0,00
3	10	2	3	99,77	
1	10	3	1	99,58	0,00
2	10	3	1	99,65	0,00
3	10	3	1	99,62	
1	10	3	2	99,78	0,00
2	10	3	2	99,77	0,00
3	10	3	2	99,80	
1	10	3	3	99,61	0,00
2	10	3	3	99,64	0,00
3	10	3	3	99,60	
1	10	4	1	99,74	0,00
2	10	4	1	99,67	0,00
3	10	4	1	99,69	
1	10	4	2	99,65	0,40
2	10	4	2	99,68	0,90
3	10	4	2	99,63	
1	10	4	3	99,69	0,00
2	10	4	3	99,71	0,00
3	10	4	3	99,72	
1	10	5	1	99,97	136,23
2	10	5	1	99,98	136,24
3	10	5	1	99,96	
1	10	5	2	99,84	196,71
2	10	5	2	99,89	196,82
3	10	5	2	99,85	
1	10	5	3	99,93	160,50
2	10	5	3	99,95	168,48
3	10	5	3	99,94	

