

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN PÚBLICA**



**“NIVELES DE YODURIA Y CONCENTRACIÓN DE YODO
EN SAL DE CONSUMO EN PREESCOLARES DE VILLA EL
SALVADOR - LIMA”**

Presentada por:

MASTER GIANCARLO BESSOMBES NAVEDA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN NUTRICIÓN PÚBLICA**

Lima - Perú

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA
EN NUTRICIÓN PÚBLICA**

**“NIVELES DE YODURIA Y CONCENTRACIÓN DE
YODO EN SAL DE CONSUMO EN PREESCOLARES
DE VILLA EL SALVADOR - LIMA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO
DE MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

MASTER GIANCARLO BESSOMBES NAVEDA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. Haydeé Cárdenas de Jurado
PRESIDENTE

Mg. Sc. Elva Ríos Ríos
ASESOR

M. S. Francisco Salas Valerio
MIEMBRO

Dr. Elías Huerta Camones
MIEMBRO

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios, por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada paso que doy

A mí familia, especialmente los abuelos, por apoyarme siempre.

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco a la Universidad Nacional Agraria La Molina, por brindarme una excelente instrucción académica y las herramientas educativas necesarias.
- A mi patrocinadora de tesis, Mg. Sc. Elva Ríos Ríos, por su permanente apoyo académico.
- A los docentes y administrativos de la maestría en Nutrición Pública, por su gran labor y desempeño profesional.
- A los padres de familia y niños objeto de estudio, por participar en el desarrollo del mismo.

ÍNDICE GENERAL

I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1.Yodo.....	5
2.1.1.Concepto y metabolismo del yodo.....	5
2.1.2.Función y requerimiento del yodo.....	8
2.1.3.Fuentes alimentarias del yodo.....	9
2.1.4.Patologías relacionadas a la ingesta del yodo.....	12
2.2.Yoduria.....	18
2.2.1.Concepto y generalidades de la yoduria.....	18
2.2.2.Factores principales en la determinación de yodo en orina.....	20
2.2.3.Métodos de determinación de yodo en orina.....	21
2.2.4.Valores referenciales de yodo en orina.....	22
2.3.Sal de consumo humano.....	23
2.3.1.Conceptos y variaciones de la sal de consumo.....	23
2.3.2.Fortificación y Yodación Universal de la Sal (YUS).....	24
2.3.3.Elementos y proceso de yodación de la sal.....	27
2.3.4.Métodos de determinación de concentración de yodo en sal.....	28
2.3.5.Valores referenciales e indicaciones, a nivel nacional, de la concentración de yodo en sal de consumo.....	29
III.MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1.Tipo de investigación.....	32
3.2.Objetivos de investigación.....	33
3.2.1.Objetivo general.....	33
3.2.2.Objetivos específicos.....	33
3.3.Limitaciones y ventajas de la investigación.....	33
3.3.1.Limitaciones de la investigación.....	33
3.3.2.Ventajas de la investigación.....	34
3.4.Población y muestra.....	34
3.4.1.Población.....	34

3.4.2.Muestra.....	35
3.5.Variables.....	37
3.6.Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.6.1.Técnicas de recolección de datos.....	38
3.6.2.Instrumentos de recolección de datos.....	39
3.7.Técnicas de análisis.....	39
3.7.1.Técnica de determinación de yoduria.....	39
3.7.2.Técnica de determinación de concentración de yodo en sal.....	41
3.8.Procedimiento.....	42
3.9.Análisis de los datos.....	43
3.10.Consideraciones éticas.....	44
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1.Nivel de yoduria global.....	45
4.2.Nivel de yoduria según género.....	49
4.3.Concentración de yodo en sal de consumo.....	54
V. CONCLUSIONES.....	58
VI.RECOMENDACIONES.....	60
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
VIII.ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requerimiento de yodo según grupo etario.....	08
Tabla 2: Principales fuentes alimenticias de yodo.....	11
Tabla 3: Trastornos por déficit de yodo en etapas de la vida.....	14
Tabla 4: Valoración del estado nutricional de yodo según niveles de yoduria.....	23
Tabla 5: Valores de yodo en sal de consumo, en prueba Yoditest.....	29
Tabla 6: Instituciones educativas privadas “cuna – jardín” y alumnado de 3 a 5 años.....	35
Tabla 7: Distribución de unidades de muestra según cada institución educativa “cuna – jardín”	36
Tabla 8: Operacionalización de las variables determinadas.....	38
Tabla 09: Distribución de frecuencias de los niveles de yoduria en relación al estado nutricional de yodo, en niños de 03 a 05 años.....	46
Tabla 10: Distribución de los niveles de yoduria según género, en niños de 03 a 05 años.....	50
Tabla 11: Distribución de frecuencias de concentración yodo en sal de consumo, en niños de 03 a 05 años.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Histograma de frecuencias agrupadas de niveles de yoduria.....	47
Figura 2: Dispersión de niveles de yoduria, en grupo masculino.....	51
Figura 3: Dispersión de niveles de yoduria, en grupo femenino.....	52
Figura 4: Gráfica de cajas de niveles de yoduria, según género.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Formato de consentimiento informado.....	75
Anexo 2: Hoja de registro de datos – Nivel de yoduria.....	77
Anexo 3: Hoja de registro de datos – Concentración de yodo en sal de consumo.....	78
Anexo 4: Medidas de resumen de los niveles de yoduria a nivel global.....	79
Anexo 5: Medidas de resumen de los niveles de yoduria en el grupo masculino.....	80
Anexo 6: Medidas de resumen de los niveles de yoduria en el grupo femenino.....	81
Anexo 7: Prueba de igualdad de varianzas (F) entre el grupo masculino y el grupo femenino	82
Anexo 8: Prueba T de student respecto a los niveles de yoduria según género.....	83

RESUMEN

El yodo, como micronutriente, tiene gran relevancia fisiológica en el desarrollo fetal y el crecimiento infantil, considerando como principales fuentes alimenticias del elemento a los productos marinos y la sal yodada. La medición del correcto estado nutricional en niños es el indicador de la erradicación de trastornos por deficiencia de yodo. El principal objetivo de la presente investigación está referido a determinar los niveles de yoduria y la concentración de yodo en sal de consumo, en niños de 3 a 5 años de edad, pertenecientes a las instituciones educativas privadas “Cuna – Jardín” de Villa El Salvador, Lima. Se realizó una investigación de tipo descriptiva y transversal, con un método de muestreo aleatorio estratificado con afijación proporcional, obteniendo la cantidad de muestra de 257 infantes. La determinación de yoduria fue realizada por análisis volumétrico cuantitativo (reacción de Sandell-Kolthoff), en muestra única de orina; por otra parte, se empleó el método semicuantitativo de Yoditest para la estimación de yodo en sal de consumo. La media de la yoduria poblacional determinada fue de 177.5 ug/L; el grupo masculino (media 175.49 ug/L) y el grupo femenino (media 179.31 ug/L) fueron sometidos a la prueba T de student (p de 0.433), determinando una igualdad estadística entre los grupos. Respecto a la concentración de yodo en sal, el 90 % de muestras se clasificaron como yodadas (OMS: ≥ 15 ppm), mientras que solo el 21 % cumplieron con la normativa nacional (≥ 30 ppm); el 10 % fueron sales inadecuadamente yodadas (≤ 15 ppm). Como conclusión, se determinó que la yoduria de los niños se encuentra en un estado óptimo o adecuado, existiendo una igualdad, estadísticamente significativa, en la comparación de ambos géneros; además, la situación de la yodación de la sal de consumo es adecuada, según los parámetros establecidos por la OMS (≥ 15 ppm).

Palabras clave: Yodo; Yodo urinario; Sal yodada; Niños

ABSTRACT

Iodine, as a micronutrient, has great physiological relevance in fetal development and child growth, considering marine products and iodized salt as the main food sources of the element. Measuring the correct nutritional status in children is the indicator of the eradication of iodine deficiency disorders. The main objective of the present investigation is to determine the urinary iodine levels and the concentration of iodine in consumption salt, in children from 3 to 5 years of age, belonging to the private educational institutions “Cuna - Jardín” of Villa El Salvador, Lima. A descriptive and cross-sectional investigation was carried out, with a stratified random sampling method with proportional affixation, obtaining the sample amount of 257 infants. Urinary iodine level was determined by quantitative volumetric analysis (Sandell-Kolthoff reaction), in a single urine sample; on the other hand, the semi-quantitative method of Yoditest was used for the estimation of iodine in consumption salt. The mean of the population urinary iodine was 177.5 ug / L; the male group (mean 175.49 ug / L) and the female group (mean 179.31 ug / L) were subjected to the student's T test (p of 0.433), determining a statistical equality between the groups. Regarding the concentration of iodine in salt, 90% of samples were classified as iodine (WHO: ≥ 15 ppm), while only 21% complied with national regulations (≥ 30 ppm); 10% were improperly iodized salts (≤ 15 ppm). In conclusion, it was determined that urinary iodine of children is in an optimal or adequate state, there being a statistically significant equality in the comparison of both genders; In addition, the situation of the iodization of the salt of consumption is optimum, according to the parameters set by WHO (≥ 15 ppm).

Keywords: Iodine; Urinary iodine; Iodized salt; Child

I. INTRODUCCIÓN

Desde décadas pasadas, la situación nutricional del yodo y los trastornos por deficiencia de yodo (TDY) en las personas han sido considerados como problemas de salud pública mundial y parte principal de líneas de acción en países en vías de desarrollo. Muestra de esto son las diversas acciones tomadas por estados de América del Sur y Centroamérica, los cuales iniciaron un proceso de reversión en la situación (OMS 1979).

El yodo es considerado un nutriente fundamental en los procesos bioquímicos del organismo, teniendo mayor relevancia en sucesos fisiológicos como la regulación de hormonas tiroideas, crecimiento físico y desarrollo cognitivo; así mismo, este mineral se encuentra principalmente en la sal de consumo humano y en alimentos de origen marino y vegetales. Los requerimientos diarios de este micronutriente oscilan entre 100 ug a 200 ug, dependiendo de la edad y condición fisiológica de la personas. En casos de insuficiencia en el consumo, se producen los denominados TDY, los cuales, en niños, causan retraso en el desarrollo y bocio, principalmente (Gonzales 2006).

Uno de los principales indicadores del estado nutricional del yodo en el organismo es la excreción de yodo en orina o yoduria, cuyo nivel en niños y niñas no debe ser menor a 100 $\mu\text{g/L}$. El indicador mencionado determina la concentración urinaria basada en la ingesta actual del micronutriente, siendo considerado además, como valor referencial en la decisión de implementación de políticas e intervenciones en patologías o trastornos relacionados (OMS y FAO 2017).

La determinación de yodo en orina debe ser realizada de manera periódica en grupos etarios vulnerables, lo cual mostrará un resultado cuantitativo proveniente de la correcta proporción entre la ingesta y la excreción del mineral. El principal método cuantitativo empleado está basado en la reacción de Sandell – Kolthoff, de características colorimétricas (Espada 2008).

Respecto a la sal de consumo humano, la Yodación Universal de la Sal (YUS) es considerada la principal y mejor alternativa para superar los TDY a nivel mundial (MINSA 2003). Cabe mencionar que el principal método semicuantitativo de determinación de concentración de yodo en sal de consumo está basado en el reactivo de Yoditest, el cual está compuesto por almidón, y genera una coloración de acuerdo a la presencia de yodo, oscilando entre blanco a púrpura, dependiendo de la concentración del mineral (MINSA 1998).

Recientes estimaciones demuestran una suficiencia en cuanto a valores de yoduria a nivel nacional, obteniendo cantidades promedio de 262 ug/L. Así mismo, en el año 2012 el porcentaje de yodación en la sal alcanza el 88,3 por ciento, el mismo que resulta ser un factor relevante para la accesibilidad y suficiencia en el consumo de yodo (IGN 2017). A nivel nacional, se estima un alcance de la yodación de sal del 76,9 por ciento, lo cual es el resultado de la producción en plantas informales y los bajos niveles de supervisión del correcto proceso de yodación de la sal (Tarqui et al. 2016).

Los TDY y patologías relacionadas al consumo de yodo han sido determinados como problemas de salud pública superados a nivel nacional; sin embargo, en los últimos años esta situación no ha sido supervisada constantemente, causando desinformación y brechas en el conocimiento del estado actual (OMS 1979, IGN 2017), siendo este uno de los motivos por el cual se decide analizar y brindar la información actual de la yoduria en una población determinada de infantes. Un ejemplo de esta situación se ve plasmado en investigaciones recientes, donde se mencionan valores normales o superiores de yoduria a nivel nacional y en Lima Metropolitana, referenciando esta prueba como principal indicador de estado nutricional del yodo; sin embargo, aún se mantienen niveles irregulares en zonas urbano-marginales y rurales, siendo esto motivo de vigilancia y reforzamiento de la supervisión de la prevalencia de los TDY (Higa et al. 2010).

Respecto al aspecto clínico de la población, cabe señalar la amplia y comprobada relación entre los efectos fisiológicos causados por los TDY, en edades tempranas de la vida, con las secuelas negativas en el crecimiento y desarrollo físico, afectando y vulnerando la talla para la edad (Desnutrición Crónica) en los infantes, principalmente. Considerando a la desnutrición crónica como el resultado de la carencia de macro y/o micronutrientes dentro de los primeros años de vida y empleando el indicador de Talla para la Edad, cabe mencionar

los efectos sobre el crecimiento y desarrollo a nivel físico en los niños, por lo que la carencia de micronutrientes como hierro, yodo y vitamina A, se encuentran ampliamente relacionadas a este tipo de desnutrición. De esta forma, se considera la deficiencia de micronutrientes como un factor de crecimiento determinante para la niñez, dentro de los primeros 60 meses de vida (OMS 1979, INEI 2017).

Se debe tener en cuenta las posibles consecuencias en el desarrollo físico y cognitivo de los niños, generado por niveles deficientes de yodo en sal y yoduria. Los valores actuales de desnutrición crónica infantil en menores de cinco años, a nivel nacional, ascienden a 13,1 por ciento (INEI 2017). Otro de los motivos para abordar este tema de investigación está basado en la relación existente entre la ingesta de sal de consumo y la concentración de yodo, considerando la falta de supervisión en los procesos de yodación de la sal, lo cual estaría plasmado en sales de consumo con la cantidad de yodo inadecuada. Respecto a la concentración de yodo en sal de consumo, Tarqui et al. (2016) refiere 23,1 por ciento de insuficiencia del mineral en el producto a nivel nacional. Este estudio se basó en escolares de nivel primario, abarcando niños de cinco años de edad. Cabe resaltar, nuevamente, la delimitación del déficit a zonas rurales y urbano-marginales. Motivos secundarios, como la tendencia al incremento en el consumo de sal, por parte de la población, y los posibles efectos de niveles indeterminados de yoduria, causarían un grave impacto sobre el desarrollo infantil, además de generar un aumento en la probabilidad de desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles.

En cuanto al alcance del presente estudio, se denomina como descriptivo, debido a que refiere la medición y especificación de las variables mencionadas; además, otras características referentes al desarrollo de la investigación muestran la medición de las variables en un momento único (transversalidad) y la participación del investigador en el proceso (observacional).

El presente estudio tiene como objetivo principal determinar los niveles de yoduria, proveniente de una muestra única de orina, y la concentración de yodo en sal de consumo, obtenida de una muestra de los hogares de niños (3 a 5 años de edad), en el distrito de Villa El Salvador (VES), Lima. Así mismo, como parte de los objetivos específicos, además de

estudiar independientemente las dos variables mencionadas, se determina la diferencia de niveles de yoduria respecto al género de los infantes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. YODO

2.1.1. Concepto y metabolismo del yodo

Según Espada (2008), el yodo es considerado un metal halogenado, el cual se encuentra en medios naturales, principalmente en la corteza terrestre. En un estudio nacional realizado por Cárdenas et al (2003) se determinó que la proporción o cantidad de este elemento varía de acuerdo a la zona geográfica donde se encuentra, siendo escaso o pobre en zonas montañosas, y abundante en zonas costeras o llanas, presentando estas últimas una gran cercanía a los océanos. La determinación de esta conclusión se dio mediante la evaluación del contenido de yodo en leche de vacuno procedente de diversas regiones, estableciendo un valor de 170 ug/L en zonas costeras (Lima) frente a 24 y 34 ug/L en zonas de la sierra (Cajamarca y Arequipa, respectivamente).

Silverthorn (2007) considera que este elemento es parte de un conjunto de micronutrientes esenciales para el desarrollo y función de procesos fisiológicos en el organismo, destacando su relevancia en la etapa de desarrollo fetal, en la cual ejerce un rol fundamental sobre el sistema nervioso central y la función cardiaca; así mismo, Delange (2001) estudió los efectos neurointelectuales en estados de carencia de yodo, y logra demostrar que en etapas post natales y de la infancia repercute disminuyendo el Coeficiente Intelectual (CI) y deteriorando funciones vinculadas al desarrollo cognitivo y físico, mediante la intervención en la regulación tiroidea.

Vought y London (1967) realizaron un estudio sobre 3 personas con niveles tiroideos normales, los cuales fueron sometidos a 3 periodos de 18 días de ingesta de yodo con valores entre 27.7 y 606.5 ug/L. Se comprobó que la excreción es igual a la cantidad de la ingesta

del mineral; así mismo, la cantidad excretada promedio por día de yodo fue de 57 ug/L, generando esto un déficit de yodo en cada uno de los tres periodos.

A partir de la ingesta de alimentos ricos en yodo, se inicia un proceso fisiológico de asimilación y absorción. Espada (2008) realizó una profunda revisión sistemática en torno a la asimilación y medición del yodo en personas; en este estudio se considera que el yoduro de potasio es absorbido en el tubo digestivo y distribuido, a nivel fisiológico, mediante dos vías: la primera, el líquido extracelular, donde cumple una función de reserva; y la segunda, las células foliculares, a nivel de glándula tiroides. Además, existe una vía alterna en la obtención de yodo por el organismo, la cual se da por la desyodación de tiroxina (T4) a triyodotironina (T3).

Ristic-Medic et al. (2009) determinaron, mediante la revisión sistemática de 21 estudios de control de yodo en humanos, que la excreción se da principalmente por vía urinaria (95%), y en menor medida, por piel y saliva (5%).

La producción de hormonas tiroideas se encuentra regulada por retroalimentación negativa entre las hormonas T4 y T3 con la segregación de la hormona estimulante de la tiroides (TSH) y la hormona liberadora de tirotropina (TRH) (Ares et al. 2009). Dohán et al. (2003), a través de un análisis exhaustivo, refieren que la síntesis de hormonas tiroideas, a partir del compuesto formado por yodo, en la glándula tiroides se da por la iniciación del transporte del yoduro mediante el simportador de sodio y yoduro (NIS), el cual se considera una glicoproteína integral de la membrana plasmática, cuya función de transporte de yodo abarca otros tejidos, como glándulas salivales y mucosa gástrica.

Los mecanismos de regulación están dados por la acción de las desyodasas del hipotálamo sobre la TRH, las cuales modifican a la hormona T4 en T3; posteriormente, los glucocorticoides y la baja cantidad de hormonas tiroideas estimulan la liberación de la misma, la cual muestra su principal efecto sobre las células tirotropas, causando segregación de TSH; en casos de incremento de hormonas tiroideas, glucocorticoides y dopamina se

genera una inhibición en la producción de la hormona estimulante de la tiroides (Dorantes et al. 2016, OMS y FAO 2017).

La formación de hormonas tiroideas se genera en seis etapas (Dorantes et al. 2016):

- Captación de yodo: llevada a cabo en la célula folicular por captación de la TSH, siendo inhibida esta por acción de bociógenos (tiocianatos).
- Oxidación del yodo: realizada por la peroxidasa tiroidea, la cual compite con el tiamazol en el proceso de unión al yodo.
- Acoplamiento: la unión de tiroglobulina y grupos tirosilo generan monoyodotironasa, cuyas agrupaciones se convertirán en hormonas tiroideas biológicamente activas.
- Proteólisis: se da el ingreso a las células foliculares, en vacuolas, por parte de las hormonas T3, T4 y la tiroglobulina, las cuales, posteriormente, se liberan al torrente sanguíneo, debido a la degradación de la vacuola por parte de los lisosomas.
- Recambio de yodo: por acción lisosomal sobre las hormonas segregadas se obtiene monoyodotirosina, lo cual brinda yodo en busca de la formación de nuevas hormonas tiroideas.
- Secreción: generada a través de los capilares, de las células foliculares, hacia el sistema.

Como se menciona, dentro de las etapas de formación de hormonas tiroideas, el tiamazol, además del propiltiouracilo y litio, inhiben la formación de las mismas por acción sobre las desyodasas, las cuales tienen una función reguladora extratiroidea y transforman la hormona T4 a T3 (Morreale 2004). Cabe señalar que la producción de T4 a nivel de tiroides asciende a un máximo de 100 ug/día, lo cual debe ser considerado en casos de patologías tiroideas

vinculadas con la ingesta de yodo, teniendo en cuenta el tiempo de vida (6.7 días) y la cantidad de reservas (hasta 1000 ug) a nivel del líquido extracelular. En cuanto a la hormona T3, esta es producida por la acción de las desyodasas sobre la T4, obteniendo un máximo de 40 ug/día con una reserva intracelular máxima de 50 ug. en total, la cual posee un tiempo de vida estimado muy bajo (Dorantes et al. 2016).

La proteína fijadora de tiroxina (TGB) es una de las principales biomoléculas que transportan a las hormonas tiroideas, siendo estas biológicamente activas en las fracciones libres; además, la variación de los niveles de las proteínas transportadoras puede llegar a alterar el valor final de T4 y T3, llegando a mantener a nivel sistémico, valores usuales de las fracciones libres (Ares et al. 2009).

2.1.2. Función y requerimientos del yodo

Respecto a los requerimientos nutricionales de este elemento, como se observa en la **Tabla 1**, los valores promedio varían de acuerdo al grupo etario o condición fisiológica determinada (FAO y OMS 2017), observándose un incremento notorio en etapas de lactancia y gestación.

Tabla 1: Requerimiento de yodo según grupo etario.

Grupo Etario	Requerimiento promedio de Yodo
Lactantes	110 – 130 ug/L
Niños de 1 a 8 años	90 ug/L
Niños de 9 a 13 años	120 ug/L
Adolescentes y Adultos	150 ug/L
Mujeres embarazadas	220 ug/L
Mujeres lactantes	290 ug/L

FUENTE: Mahan et al. (2013).

Por otra parte, cabe mencionar, que existen un grupo de alimentos denominados bociógenos, que alteran la correcta absorción del yodo, considerando principalmente a la soya, mijo y vegetales crucíferos (Ristic-Medic et al. 2009). En el estudio realizado por Greene et al. (1958), se buscó comprobar los efectos de alimentos bociógenos sobre animales y humanos; dentro de la investigación, se tomó una muestra de 18 conejos saludables, los cuales fueron divididos en 3 grupos de 6; estos grupos fueron alimentados con hojas de col, tallos de col y zanahorias, demostrando que la radioactividad de la tiroides en los grupos alimentados con col tenían una vida media de 4.2 días, mientras que en el grupo alimentado con zanahorias, la vida media fue de 6.0 días. Así mismo, dentro del estudio, se evaluó el efecto del consumo de leche pasteurizada, leche proveniente de vacas alimentadas con heno y leche provenientes de vacas alimentadas con col; los resultados mostraron que no existía una variación considerable entre los periodos de ingesta de los tipos de leche.

Por otra parte, respecto al efecto del consumo de ciertos tubérculos y raíces sobre el estado nutricional del yodo, Bourdox et. al (1978) realizaron un estudio comparativo entre pobladores de Zaire y Bélgica; la aplicación de una dieta basada en yuca durante 3 días consecutivos generó un aumento considerable de los niveles de Tiocianatos, compuesto antinutrientes que impiden la formación de hormonas tiroideas. Bajo este hallazgo, se determinó la relevancia de este alimento como bociógeno.

Martínez et al. (2002) investigaron la presencia y efectos de los bociógenos en una población de 673 niños de México, provenientes de 3 estados con niveles variables de bocio. De esta forma se determinó que, en el estado con mayor prevalencia de bocio, el 100 % de los niños consumían yuca, camote, brócoli y col, a comparación de los estados con menor bocio; así mismo, en el análisis de agua consumida por la población, se encontraron 1440 ± 200 UFC (Unidades Formadoras de Colonias) de colibacilos, identificándolo como un bociógeno.

2.1.3. Fuentes alimentarias del yodo

Haldiman et al. (2005) determinaron el contenido de yodo de los principales alimentos consumidos en Suiza, en el periodo de 1999 a 2001, mediante el método ICP-MS (isótopo I

129). Dentro de los principales alimentos con mayor cantidad de yodo, se obtuvieron los siguientes valores de mediana: pescado de mar (1440 ng/g), yema de huevo (1170 ng/g), leche de vaca (675 ng/g), vegetales (498 ng/g), pan (392 ng/g) y arroz blanco (250 ng/g).

Pearce et al. (2004) estudiaron, en Boston – EE.UU., la concentración de yodo en alimentos como el pan (20 tipos) y la leche (18 tipos). Dentro de las variedades de pan, los valores encontrados en 17 de ellos contenían entre 2.2 y 54 ug/porción (25 g.), mientras que se encontraron valores realmente elevados en 3 muestras, arrojando resultados de 313 a 587 ug. Las muestras de leche mostraron valores entre 352 a 672 ug/L. Se empleó, para el análisis del yodo, la espectrofotometría basada en el método de Benotti.

Eckhoff y Maage (1997) analizaron el contenido de yodo en alimentos de la población del Este de África (Etiopía, Tanzania y Burundí), estableciendo los siguientes valores de yodo: 328 a 922 ug/kg en filete de pescado de mar, 17.1 a 21.5 ug/kg en filete de pescado de río, 27 a 33 ug/L en agua de ríos, y 48 ug/L en agua del Océano Índico. Para la obtención de estos valores emplearon el método ICP-MS.

Las fuentes principales de yodo se pueden dividir en dos grandes grupos: alimentos de origen natural y sal de consumo. Dentro del primer grupo se encuentran determinados alimentos de origen animal y vegetal, cuya proporción o cantidad de yodo se halla sujeta al nivel de yoduros disponibles en la dieta y cantidad de yodo en los terrenos de siembra y cultivo, respectivamente (Oehlschläger 2012); como ejemplo se puede mencionar a la fauna proveniente de agua salada, la cual se convierte en la mayor fuente de yodo; en el caso de los productos lácteos, estos dependerán de la concentración de yodo en la dieta brindada a los animales.

Cabe destacar que el contenido de yodo en alimentos procesados estará sujeta a la cantidad de yodóforos adicionados durante el proceso de elaboración, como es el caso de los lácteos y productos panificados (INDECOPI 2005); así mismo, en el estudio de Cárdenas et al. (2003), el yodo en los alimentos de origen cárnico varió respecto a la zona de procedencia

del ganado, teniendo en cuenta los pisos altitudinales y zonas geográficas de crianza de los mismos: en zonas costeras, con altitud de 150 msnm, se obtienen muestras de 170 ug/L de yodo en leche; mientras que, en zonas de la sierra, con altitudes entre 2300 a 2700 msnm, se obtienen resultados de 24 y 34 ug/L.

En la **Tabla 2** se pueden apreciar los valores promedio de los principales alimentos ricos en este mineral.

Tabla 2: Principales fuentes alimenticias de yodo

Alimento	Contenido (ug)
Pescado de agua salada (200 g)	650
Sal yodada (1/4 cucharadita)	95
Pan industrial, con yodóforos (1 rebanada)	142
Yogurt bajo en grasas (250 ml)	87
Pan artesanal (1 rebanada)	35
Requesón, 2 % grasa (150 g)	26 – 71
Gambas (100 g)	21 – 37
Huevo (unidad)	24
Queso Cheddar (30 g)	5 - 23
Carne de vacuno (100 g)	8

FUENTE: Mahan et al. (2013).

La sal de consumo, la cual compone el segundo grupo de fuentes principales de yodo, está considerada como el medio alimentario por defecto en la adición de yodo; la elevada disponibilidad y acceso frecuente a este producto genera una alta distribución y aceptación por parte de las personas. El correcto proceso de la yodación de la sal es de gran relevancia para la concentración final de yodo; además, se da en coordinación con las entidades gubernamentales del área de salud y los productores de sal, quienes deben cumplir la normativa vigente en aspectos de infraestructura, concentración de yodo y calidad de producto final (Oehlenschläger 2012). En cuanto a la normativa y directrices recomendados por la OMS, se considera a la yodación universal de la sal o YUS como la principal medida

de acción, la cual tiene como objetivo erradicar patologías vinculadas al déficit del mineral a nivel mundial (OMS y FAO 2017).

2.1.4. Patologías relacionadas a la ingesta del yodo

- **Carencia - Trastornos por Déficit de Yodo (TDY):** La ausencia o deficiencia de yodo en el organismo por periodos de tiempo prolongados generan los denominados trastornos por déficit de yodo o TDY, los cuales comprenden una serie de patologías o cuadros clínicos característicos de acuerdo a la edad o condición fisiológica de la persona (Ares et al. 2009). En este apartado, Azizi et al. (1993) estudiaron los efectos de la deficiencia de yodo en el desarrollo físico y neuro intelectual, en una población de 105 escolares (edades de 6 a 15 años) de 3 regiones de Irán; los resultados mostraron un menor nivel de Coeficiente Intelectual (CI), determinado por la prueba de Bender, en la población de la región yododeficiente, obteniendo una media de 90 frente a 116 de otra región, además se evidenciaron disminución en niveles de T4 e incremento en TSH.

Otro estudio relacionado a los TDY, realizado por Vermiglio et al. (1990), analizó a 719 niños de 2 regiones montañosas de Sicilia, Italia. En el desarrollo, se determinó que ambas regiones mostraban valores (14,4 % y 13.1 %) defectuosos en la prueba de CI de Bender, a comparación del grupo control, el cual mostró tan solo un 3% de error.

El factor geográfico tiene gran influencia, obteniendo cultivos o productos cárnicos con menor contenido de yodo en zonas montañosas o alejadas del océano (Cárdenas et al. 2003).

El factor cultural-alimenticio es muy relevante en estas patologías, como lo explicaron Delange et al. (1994), que estudiaron poblaciones de 3 regiones de Zaire, con el fin de obtener resultados respecto al consumo de yuca sin procesar, yoduria y presencia de bocio; de esta forma, se encontraron niveles promedio de consumo de yuca del 93 % en las regiones, excreción urinaria de yodo por debajo de los 20 ug/día

y valores de tiocianatos en orina mayores a 5 mg/día; la prevalencia de bocio en 2 regiones llegó a tomar valores de 12 % y 76%.

La condición fisiológica y grupo etario son situaciones determinantes en el aumento de requerimiento de yodo, llegando a incrementar notablemente la cantidad necesitada en la adolescencia, la gestación y la lactancia materna. Es en este apartado, concerniente a la gestación, donde la deficiencia en el consumo de yodo puede generar consecuencias irreversibles sobre el feto (alteraciones neuropsicológicas), como demostraron Vermiglio et al. (2004), quienes en un estudio prospectivo estudiaron a 2 grupos de niños (neonatos), compuestos por A (16) y B (11), provenientes de madres en zonas moderadas y marginales en cuanto a suficiencia de yodo, y la relación con ADHD (Déficit de atención y desórdenes de hiperactividad). La medición se llevó en 2 etapas (1992 y 2000), determinando que en el grupo A, conformado por niños en zonas deficientes de yodo, los valores de yoduria fueron de 48 y 60 ug/L en ambas etapas, además de obtener valores de presencia de bocio de 24% y 16%. En cuanto al grupo B, de zona yodosuficiente, mostraron valores normales de yoduria (mayor a 100 ug/L) y mínima presencia de bocio (menos a 7%).

Después de aplicar pruebas para determinar la presencia de ADHD en niños, se determinó que en el grupo yododeficiente (A) 9 de 16 niños presentaban esta patología, mientras que en el grupo B, ninguno de ellos.

En la **Tabla 3** se detallan las patologías por deficiencia de yodo, según cada etapa de desarrollo.

Tabla 3: Trastornos por déficit de yodo en etapas de la vida

Etapa	Patología
Feto	Abortos y malformaciones congénitas, mortalidad perinatal, mortalidad infantil, cretinismo, sordomudez, estrabismo, déficit de atención
Neonato	Cretinismo, enanismo, retraso mental, sordomudez, estrabismo, bocio neonatal, hipotiroidismo
Niños y Adolescentes	Bocio, hipotiroidismo, retraso del crecimiento, deterioro intelectual, disminución del umbral auditivo
Adultos	Bocio, hipotiroidismo, neoplasias tiroideas, hipertiroidismo tras yodoprofilaxis

FUENTE: Gonzales (2006).

En cuanto a las principales y recurrentes patologías asociadas, se tiene la siguiente descripción de las mismas:

- Bocio endémico: aumento exacerbado de la tiroides, el cual se presenta en, al menos, 5% de niños y 10% de una población determinada (Dorantes et al. 2016).
En uno de los estudios más representativos de este apartado, Delange et al. (1972) compararon los valores de T3 y T4 entre 2 poblaciones: un grupo de 22 pobladores de la República del Congo y 22 pobladores de Bélgica. La conclusión estuvo relacionada con la mayor producción de hormona T3 (0.655 ug/100ml) en pobladores de área con bocio endémico (Congo) frente al grupo control (0.231 ug/100ml), proveniente de una zona yodosuficiente.
- Bocio difuso y nodular: tipo de inflamación de la glándula tiroides causada por la escasa ingesta de yodo. El paso del estadio difuso a nodular está basado en el grupo

etario afectado, es decir, en etapas tempranas de la vida se observará una proliferación en algunos folículos tiroideos, evolucionando en la adultez, llegando a ser completa o nodular (Mahan et al. 2013, Dorantes et al. 2016).

Según OMS y UNICEF (2001), se considera que los niveles de bocio en niños en edad escolar de una población deben ser menores al 5%, de lo contrario se calificaría como un problema de salud pública local. Zimmermann et al. (2004) realizaron un estudio con 3529 niños (6 a 12 años de edad) de 6 ciudades del mundo yodosuficientes, con el objetivo de determinar la valoración del volumen tiroideo por ultrasonido. Se determinaron niveles promedio de yoduria normales (118 – 288 ug/L) en las poblaciones, y se evidenciaron volúmenes tiroideos proporcionales a la superficie corporal e independientes en cada región.

- Hipotiroidismo: disminución o ausencia de producción de hormonas tiroideas. En el desarrollo fetal y neonatal genera alteraciones en el sistema nervioso central, específicamente en la neurogénesis y mielinización, causados por los bajos niveles de hormonas de la madre; la principal secuela, en esta etapa, es el permanente retraso mental (Dorante et al. 2016). Respecto al desarrollo de esta patología en la etapa adulta, cabe mencionar la prevalencia a nivel mundial del 5% (Aoki et al. 2007), mientras a nivel nacional representa el 10 % de la población, obteniendo una notoria incidencia en el sexo femenino y en la etapa de adultez y vejez (SPE 2017).

A nivel nacional, Lizarzaburu et al. (2013) estudiaron la presencia del hipotiroidismo en una población compuesta por 54 mujeres y 15 hombres, con una edad promedio de 32 años, estableciendo una prevalencia del 14.5% (10 mujeres y 3 hombres) de la patología mencionada.

A nivel internacional, Sempere et al. (2005) realizaron una investigación sobre la prevalencia de hipotiroidismo en Valencia - España, con una muestra de 18861 personas con edades comprendidas entre 14 y 65 años, indicando valores de prevalencia de hipotiroidismo del 1.4% (265 personas), y exhibiendo mayores valores en mujeres (2.3%), específicamente en los grupos etarios de 46 a 64 años (4.2%) y mayores de 64 años (3.7%).

- **Cretinismo:** condición caracterizada por el retraso mental, además de manifestaciones neurológicas y somáticas. En el subtipo neurológico presenta estrabismo, trastornos de la marcha, sordomudez y lesión del tracto corticoespinal. El subtipo mixedematoso está caracterizado por hipotiroidismo, baja estatura y alteraciones en el desarrollo del sistema óseo (Ares et al. 2009). En este apartado, uno de los estudios de mayor relevancia a nivel mundial fue realizado por Cao et al. (1994), en el cual evaluaron el impacto de la suplementación de yodo en las enfermedades neurológicas y cretinismo, teniendo como muestra poblacional a 689 niños (0 a 3 años) y 285 gestantes provenientes de una zona yododeficiente de China (Xinjiang). Los resultados mostraron una prevalencia del 2% de alteraciones neurológicas en neonatos con madres suplementadas con yodo en los 2 primeros meses de gestación, mientras que, en el caso de las madres con ingesta de yodo en el último trimestre, la prevalencia ascendió a 9%.

Este conjunto de patologías afecta principalmente a poblaciones vulnerables en situaciones de inseguridad alimentaria, por falta de ingesta de alimentos marinos y sal de consumo, y bajos niveles de desarrollo socioeconómico. La causa de la deficiencia de yodo en el organismo está relacionada a tres principales aspectos, los cuales se mencionan a continuación (Mahan et al. 2013):

- Bajo o nulo consumo de alimentos ricos en yodo, independientemente de la zona de producción o proceso de elaboración.
- Estado fisiológico o requerimiento nutricional en determinada etapa de la vida, por ejemplo: gestación, lactancia, niñez, adolescencia y ancianidad.
- Cantidad de bociógenos, con una función bloqueadora de captación de yodo en las células tiroideas, en alimentos sin procesos de cocción o preparación.
- **Exceso – Toxicidad:** A pesar de tener márgenes amplios y seguros en la ingesta de yodo por día, se establecen medidas máximas de 1100 y 300 ug/día en adultos y

niños, respectivamente (Ares et al. 2009). Sobre este apartado, Soriguer et al. (2011) estudiaron los efectos de las dosis altas de yodo en las personas, administrando yoduro de potasio (KI) en dosis de 100, 200 y 300 ug/día, a cada uno de los 3 grupos conformados por la población (20 hombres y 10 mujeres). Al cabo de 60 días se determinó que los niveles de TSH, volumen tiroideo y T3 eran normales, concluyendo así que no existe afectación sobre la función tiroidea.

En cuanto a las alteraciones fisiológicas o patologías descritas en situaciones de consumo excesivo, estas están vinculadas al desarrollo enfermedades en la glándula tiroides. En casos de personas con patologías tiroideas subyacentes y consumo elevado de yodo, se presenta, principalmente, hipertiroidismo, el cual es un cuadro clínico caracterizado por el incremento de producción de hormonas tiroideas; dentro de las principales síntomas y manifestaciones se encuentran las molestias gastrointestinales, alteraciones neurológicas, pérdida de peso e hipersudoración (Mahan et al. 2013, Dorantes et al. 2016).

Una de las investigaciones de referencia más importantes en hipertiroidismo generado por excesivo consumo de yodo es realizada por Delange et al. (1999), en esta estudian una población de 4423 escolares entre 6 y 14 años de edad, pertenecientes a 7 ciudades de África con antecedentes de yododeficiencia, las cuales emplearon la Yodación Universal de la Sal (YUS) como estrategia de erradicación de TDY (bocio). Como resultado, se obtuvo que toda la población estudiada tenía niveles mayores a 100 ug/L como mínimo; así mismo, los países de Zimbabue y Congo obtuvieron valores elevados de yoduria, alcanzando 51.6% y 23.6% de la población con más de 400 ug/L, respectivamente. Esta situación generó una alta tasa de hipertiroidismo en las poblaciones mencionadas (60 % en algunas zonas).

Cabe señalar que los suplementos de yodo, con acceso libre al público, mantienen márgenes amplios de concentración del elemento, con el fin de evitar efectos adversos. Por otra parte, los desinfectantes o productos industriales con alto contenido de yodo presentan una elevada absorción por vía dermatológica, generando en algunos casos de contacto crónico, cuadros clínicos por toxicidad. Los agentes desinfectantes yodados no son recomendados en etapas de gestación o lactancia, debido a que pueden generar alteraciones tiroideas en los fetos o neonatos,

incrementando la posibilidad de generar los cuadros clínicos o patologías a nivel sistémico y tiroideo (González 2006, Mahan et al. 2013).

2.2. YODURIA

2.2.1. Concepto y generalidades de la yoduria

La determinación cuantitativa y analítica de la cantidad de yodo en orina, conocida como yoduria, es considerada como el mejor y principal método para establecer el estado nutricional del yodo en la población (OMS 1979, Lendechy 2012). A comparación de este método, el volumen de la glándula tiroides (bocio) y niveles de tirotrópina (TSH) son empleados de forma paralela o alterna en la evaluación y análisis del estado del yodo en grupos vulnerables; sin embargo, estos métodos no poseen un carácter preventivo, lo cual retrasaría el tiempo y efecto oportuno de las medidas de corrección en la erradicación de los TDY (Lendechy 2012).

La utilización y factibilidad de este examen de determinación ha permitido establecer niveles deficientes de yodo en poblaciones a nivel mundial, como lo mencionaron Ristic-Medic et al. (2009) en una revisión sistemática de 21 estudios sobre medición de estado nutricional de poblaciones. Esta revisión muestra que 11 de las investigaciones emplearon el método de yoduria con el fin de establecer la situación nutricional, de las cuales 9 fueron realizadas con niños y adolescentes entre 6 y 14 años de edad.

Cabe señalar que el volumen de muestra puede ser obtenido de forma ocasional (única) o diaria acumulada, siendo el primero el preferido. En el estudio de Tarqui et al. 2016, se tomaron 8023 muestras de orina única en niños a nivel nacional, y con distribución en zonas rurales y urbanas, obteniendo valores promedio de yoduria mayores a 200 ug/L. En cuanto a la muestra única de orina, esta demanda menor complejidad en su recolección, además, se caracteriza por la facilidad en la conservación y el transporte, la fiabilidad y rapidez en la obtención de resultados, y la celeridad en la prevención y comunicación hacia la población estudiada (Lendechy 2012).

El método de obtención de muestra de orina en 24 horas brinda exactitud y fiabilidad en los resultados obtenidos; sin embargo, presenta una elevada dificultad y riesgo de contaminación en la obtención de la totalidad de las muestras, generando en muchos casos la pérdida de la muestra poblacional y, consecuente, fracaso del estudio o investigación (Espada 2008, Lendechy 2012). König et al. (2011) realizaron un estudio comparando ambos métodos (muestra única y recolección de 24 horas), el cual fue llevado a cabo con 24 mujeres provenientes de Suiza. Las muestras fueron repetidas 17 veces por participante, en el grupo de 24 horas, y 8 veces por participante, en el grupo de muestra única, obteniendo así promedios de yoduria de 103 ± 28 ug/L y 68 ± 28 ug/L, respectivamente. Se obtuvieron valores de Coeficiente de Variabilidad (CV) llamativos entre ambos promedios de yoduria: 32 CV (muestra en 24 horas) y 38 CV (muestra única). Finalmente, se determinó que se requieren 10 tomas de muestra única de orina o 1 muestra de 24 horas para determinar el estado nutricional exacto individual.

Se debe considerar que cerca del 90% del yodo consumido en alimentos o sal de consumo es excretado por vías urinarias, en forma de yoduro de potasio y yoduro de sodio (König et al. 2011).

Respecto al ritmo circadiano de este elemento, Als et al. (2000) analizaron el impacto en el nivel de yodo con respecto a la hora de toma de muestra. En esta investigación se recolectaron 3023 muestras de orina simple, provenientes de 42 voluntarios suizos, obtenidas en diferentes horas del día. Se determinó que los mayores valores de yoduria se mostraban entre las 12 y 24 horas del día, teniendo una disminución considerable en el grupo de niños entre las 21 y 22 horas. A partir de la medianoche, hasta las 12 horas del día, los niveles decrecen progresivamente, encontrando los valores más bajos entre las 8 y 11 horas.

Así mismo, Lendechy (2012) realizó un estudio del estado nutricional de yodo en una población de 482 mexicanos. En esta se determinó, dentro de una muestra poblacional de 100 personas, que el ritmo circadiano no presenta diferencias significativas de acuerdo al grupo etario; en tanto, los menores niveles se dan entre las 08:00 y 11:00 horas, incrementándose notablemente luego de 4 a 5 horas de la ingesta de alimentos. En base a

esta información, se recomienda realizar el proceso de obtención de la muestra única de orina en horas de la mañana y en ayuno.

2.2.2. Factores principales en la determinación de yodo en orina

Como se mencionó anteriormente, existe la recomendación de recolectar la muestra de orina en las primeras horas de la mañana y cuando la persona se encuentre en ayunas, con el fin de encontrar el menor valor de yodo respecto al ritmo circadiano.

Dorey y Zimmermann (2008) realizaron un estudio de estimación nacional con respecto a la yoduria en neonatos entre 1 y 5 días, y sus madres; el estudio determinó la concentración de yodo bajo la recolección de muestras casuales, en envases de polietileno de 40 ml (madres) y en almohadillas especiales en pañales (2 a 5 ml). Dichas muestras toleraron un tiempo de vida útil máximo de 24 horas. Además, no se adicionaron acidificantes o preservantes con el objetivo de mantener la muestras más tiempo, considerando que esto alteraría la concentración y estabilidad del yodo, por la evaporación del mismo.

Konig et al.(2011) desarrolló un estudio de yoduria en mujeres escandinavas, en el cual determinó que la cantidad coleccionada en frascos de polietileno debe oscilar entre 30 a 50 ml, debiendo conservarse a temperatura ambiente si son analizados de forma inmediata.

Espada (2008) realizó una revisión de las técnicas de medición de yoduria, determinando que en caso de transportarse durante algunas horas o días, deben ser sometidas a temperaturas de refrigeración, desde la recepción hasta la llegada a las instalaciones del laboratorio, además no será necesario adicionar algún conservante o preservante a la muestra pues esta será almacenada y analizada por el laboratorio encargado de realizar el procedimiento analítico – cuantitativo.

Existe un elevado costo y complejidad en el transporte de las muestras hacia el laboratorio, siguiendo los pasos establecidos (Konig et al. 2011); sin embargo, hay la recomendación de movilizar las muestras en contenedores sellados a temperatura ambiente o de refrigeración, y protegidos de la luz solar (Espada 2008, Lendecky 2012).

La aplicación de las medidas mencionadas para el desarrollo de este estudio puede ejemplificarse en el uso de cajas o “coolers” debidamente acondicionados, los cuales permiten disminuir el costo y facilitar el transporte de las muestras en un menor tiempo, además de brindar practicidad y funcionalidad en su uso

2.2.3. Métodos de determinación de yodo en orina

El principal método colorimétrico empleado en la determinación de la yoduria es:

- Método del Microplato (microplaca): proceso que se asemeja al método con persulfato amónico. Ohashi et al. (2000) compararon los resultados de yoduria en 131 muestras provenientes de personas en zonas yododeficientes; se aplicaron, principalmente, los métodos de ácido clórico y microplaca, este último realizándose en un microplato a 110°C por 60 minutos, posteriormente es transportado a una microplaca donde se desarrolla la reacción de Sandell - Kolthoff. Esta reacción, basada en la espectrofotometría, se da mediante la reducción de iones séricos amarillos por arsénico, durante 30 minutos a 25°C (Sandell y Kolthoff 1997). El método de microplato logró la retención del yodo en un 98% y alcanzó valores r (0.991) en la correlación de Pearson, con respecto al método de ácido clórico.

Este método es empleado con gran frecuencia por considerar que: tiene bajo costo económico, emplea una pequeña cantidad de muestra, presenta una mínima exposición a sustancias nocivas, y posee gran fiabilidad y exactitud en los resultados (Espada 2008).

2.2.4. Valores referenciales de yodo en orina

Los métodos descritos con anterioridad desarrollan y aplican un conjunto de criterios, como: la expansión del rango, con el fin de alcanzar las concentraciones deseadas; la ejecución de un proceso de cualificación, con el objetivo de obtener la menor variación; la amplitud de valores referenciales de yoduria, comprendidos entre 50 ug/L a 200 ug/L; y la estimación de una cantidad de muestras no menor a 30, en los casos de recolección única o casual (Konig et al. 2011). Si bien la determinación de yoduria es el mejor indicador en el estado nutricional del yodo, este muestra el valor del elemento consumido en un corto plazo, además, la prueba de palpación de bocio o medición de glándula tiroides señala el estado referente a periodos prolongados previos (OMS y FAO 2017).

Los valores de yodo en orina poseen diversos rangos o clasificaciones, teniendo en cuenta factores relacionados a la población. Dentro de estos factores se encuentran: el grupo etario, la condición fisiológica y, en muchos casos, el género. Esto lo referenció Caldwell et al. (2005) al comparar los estudios NHANES 1988-1994 y 2001-2002, en los cuales realizó una clasificación y tipificación de valores de yoduria de acuerdo al género, grupo etario, grupo étnico y condición fisiológica (gestantes).

Así mismo, cabe resaltar la importancia de la distribución de los datos, en referencia con la normalidad de los mismos; en este sentido, es frecuente encontrar estudios o investigaciones con distribución no normal, por lo que se recomienda emplear la mediana en lugar de la media, como medida referente. En el caso de proyectos desarrollados con muestras de distribución normal, se emplea la media, como medida de tendencia, y la desviación estándar, como medida de dispersión de la población estudiada (Espada 2008, Lendecky 2012).

Para fines del presente estudio, en la **Tabla 4** se menciona la clasificación de yoduria, ingesta de yodo y estado nutricional de yodo de niños en edad preescolar.

Tabla 4: Valoración del estado nutricional de yodo según niveles de yoduria

Yoduria (ug/L)	Ingesta de Yodo	Estado Nutricional de Yodo
< 20	Insuficiente	Deficiencia de yodo grave
20 – 49	Insuficiente	Deficiencia de yodo moderada
50 – 99	Insuficiente	Deficiencia de yodo leve
100 – 199	Adecuada	Óptimo
200 – 299	Más que adecuada	Riesgo de hipertiroidismo
>300	Excesiva	Riesgo de efectos adversos

FUENTE: OMS y UNICEF (2001)

2.3. SAL DE CONSUMO HUMANO

2.3.1. Conceptos y variaciones de la sal de consumo

Dentro de la amplia variedad de presentaciones y conceptos asociados a los tipos de sal ofrecidos en el mercado actual, se debe tener en cuenta el correcto significado y comprensión de la sal de consumo humano, la cual hace referencia al producto cristalino con elevado contenido de cloruro de sodio, el cual podrá ser empleado y comercializado por la industria alimentaria y la población en general (INDECOPI 2005). La aplicación de la sal está vinculada a la gastronomía, la nutrición (medio alimenticio fortificado con determinados micronutrientes) y el uso como aditivo alimentario en los procesos industriales correspondientes.

Cabe señalar la diferencia y el correcto uso de los diversos conceptos que pueden adoptar los diferentes tipos de sal. Estos variarán en su denominación y composición dependiendo del uso predeterminado o público objetivo (MINSA 2003). A continuación, se muestran los términos empleados a nivel nacional, basados en la Norma Técnica Peruana de Sal para Consumo Humano - NTP 209.015 2005, en la denominación de los tipos de sal:

- Sal de mesa: posee una composición idéntica a la sal de consumo humano (cloruro de sodio), siendo esta fortificada con yodo y flúor. Se caracteriza por ser homogénea, en estructura, y refinada. El periodo de conservación mínimo de este tipo de sal es de 6 meses, lo cual puede prolongarse de acuerdo a la adición, por parte del fabricante, de sustancias conservantes o anti humectantes. La producción de esta sal está sujeta al cumplimiento de los parámetros de inocuidad y calidad presentados en la norma técnica nacional especificada (INDECOPI 2005).
- Sal de cocina: posee una composición idéntica a la sal de consumo humano (cloruro de sodio), adicionando yodo y flúor. Está caracterizada, a diferencia de la sal de mesa, por tener una estructura no refinada y heterogénea, debido al mayor tamaño de los granos. El periodo de conservación varía de acuerdo a la adición de preservantes por parte del productor (INDECOPI 2005).
- Sal de uso en la industria alimentaria: este tipo de sal de consumo humano es empleada en la elaboración de alimentos y otros productos de consumo. La adición de yodo y flúor, el tiempo de conservación por adición de anti humectantes, y la estructura del producto, son opcionales, dependiendo así del criterio del productor y requerimiento del usuario final (INDECOPI 2005).

2.3.2. Fortificación y yodación universal de la sal (YUS)

La fortificación de un producto alimenticio está dada por la adición de uno o varios micronutrientes (vitaminas y minerales), comprendidos de forma natural o no dentro del mismo, con el objetivo de mejorar las cualidades nutricionales y, por consecuencia, prevenir patologías relacionadas a la carencia de los mismos. La razón principal de esta adición de nutrientes está basada en prevenir y enmendar problemas de salud pública local, regional o nacional, por lo que el impacto del consumo depende de la disponibilidad de los compuestos agregados, el nivel de ingesta del alimento por parte de la población, y el grado o concentración del compuesto. Así mismo, los beneficios de la fortificación están vinculados con la subsanación de déficit de micronutrientes en un grupo poblacional determinado, la optimización del estado nutricional de las personas y los efectos positivos sobre la salud (INDECOPI 2005, OMS y FAO 2017).

En cuanto a la Yodación Universal de la Sal o YUS, esta se considera un tipo de fortificación masiva en muchos estados, considerando la OMS a esta estrategia como la preferente para evitar y corregir carencias de yodo en la población, lo cual generaría los denominados TDY (OMS y FAO 2017). Respecto a este apartado, a nivel nacional, Pretell y Higa (2008) realizaron un análisis con respecto a los últimos 25 años de situación nutricional del yodo en el país, determinando en el año de 1986 una situación de prevalencia de bocio de 36.4%, mientras que la cobertura de sal yodada llegaba a 30.8% a nivel nacional. A raíz de la instauración y ejecución de la YUS, la demanda de sal y la concentración de yodo en la misma (30 a 40 ppm) ayuda a revertir esta situación de forma progresiva, y hacia el año 1996 se aprecia solo 10.8% de prevalencia de bocio y una cobertura de sal correctamente yodada del 90%.

A nivel continental, Pretell et al. (2004) realizaron un estudio relacionado a la evolución de la situación nutricional del yodo en la población latinoamericana. La investigación se realizó en 13 ciudades, con una muestra poblacional total de 8208 niños entre 6 y 12 años, determinando las variables de concentración de yodo en sal, yodo urinario y prevalencia de bocio. La cobertura promedio de sal yodada (mayor a 15 ppm) fue de 83.1%, el valor promedio de yoduria adecuada (mayor a 100 ug/L) estimado obtuvo valores de 88.4%, y se hallaron valores dispersos de prevalencia de bocio por volumen tiroideo (3.7– 25%).

Shan et al. (2016) realizaron un estudio transversal y comparativo, referente al estado nutricional del yodo en la población China luego de 16 años de aplicación de la YUS. En esta investigación, realizada con una muestra poblacional de 15088 personas, se resalta el estado de yodoinsuficiencia vivido en los años 70 (35 millones de personas con bocio) y se muestra los niveles de yoduria (238.6 ug/L) y prevalencia de bocio (2.4%) actuales.

Marwaha et al. (2012) analizaron el impacto de la YUS en la población de Delhi-India, mediante un estudio transversal llevado a cabo en 4409 adultos (18 – 90 años). Teniendo en cuenta la situación de yododeficiencia vivida en épocas pasadas en esta población, determinaron una yoduria promedio de 230 ug/L y una prevalencia de bocio de 9%; esta

última siguió un patrón de decrecimiento con respecto al aumento de años de la muestra poblacional.

La decisión de emplear este método y usar a la sal como vehículo alimentario se da por los siguientes motivos (OMS y FAO 2017):

- La adición de yodo en la sal de consumo no genera modificación de sus características organolépticas principales.
- La extendida accesibilidad y distribución de la sal para la población.
- La elevada factibilidad en la obtención de instrumentos para la yodación y el bajo costo que esto significa para el productor
- La posibilidad de realizar controles y supervisiones de la concentración de yodo en la sal de consumo, priorizando los puntos de venta y producción. Dichos lugares estarán sujetos a fiscalización por parte de los agentes y entidades relacionadas al Ministerio de Salud.

La obtención de la materia prima, el cloruro de sodio, se da por la evaporación de salmuera de agua de mar; posteriormente, se incrementa la pureza hasta elevarla a un 99%, siendo procesada y fortificada antes de finalizar el proceso de producción (ECSA 2011). Por otra parte, esta estrategia, y el proceso de yodación en sí, han generado grandes avances hacia el objetivo de la erradicación de los TDY, lo cual ha sido respaldado por los grandes y pequeños grupos de productores de sal (OMS y FAO 2017). Sin embargo, se estima que 20% del yodo se pierde en durante el proceso de fortificación, mientras que otro 20% es perdido durante los procesos de preparación de alimentos (OMS 1996).

Valdivia et al. (2012) analizaron los resultados de la vigilancia de la fortificación de la sal a nivel nacional, en los años 2009 y 2010. Mediante la toma de muestras de sal en plantas

formales e informales, además de estimar un valor de 30 a 40 ppm como requisito para la yodación, determinaron valores de 26.9 ppm (año 2009) y 27,6 ppm (año 2010). Indicaron que solo el 50.9% de la cantidad total de sal analizada cumplía con el valor de yodo en sal requerido.

Existen ciertas limitantes en la implementación de la YUS, como la falta de acceso por parte de poblaciones remotas, la falta de supervisión y el control sobre los correctos procesos de yodación y el disminuido número de productores de sal encontrados en cada país o población (MINSa 2013).

Respecto a los agentes procesadores de sal de consumo, cabe señalar la intervención y apoyo en la instrucción técnica del proceso por parte del MINSa, llegando a obtener resultados alentadores en pequeños y medianos productores (MINSa 2003). Dichas mejoras se vieron ejemplificadas en la implementación de instalaciones con tecnología adecuada para el proceso de yodación; sin embargo, en zonas remotas o de difícil acceso se suscitaban inconvenientes como la escasez de materia prima por eventos climatológicos, la aparición de productos alterados provenientes del mercado negro, la ausencia de fiscalización sobre la calidad de la sal adecuadamente yodada y el incremento de precios sobre la adquisición de maquinaria e insumos relacionados con el proceso de yodación en las plantas artesanales (OMS y FAO 2017).

2.3.3. Elementos y procesos de yodación de la sal

El yodo, como elemento, es adicionado a la sal mediante dos compuestos químicos:

- Yoduro de potasio: se caracteriza por la elevada inestabilidad y oxidación frente al calor, luz, temperaturas elevadas y humedad. Esto genera altas pérdidas de yodo en la sal, por lo cual es empleado usualmente como aditivo alimentario en procesos de industrialización de alimentos (INDECOPI 2005, OMS y FAO 2017).

- Yodato de potasio: se caracteriza por la elevada insolubilidad en agua y la estabilidad en diversas condiciones (reacciones y condiciones climatológicas). Estas propiedades permiten disminuir o evitar la pérdida o evaporación del yodo en la sal. El costo del compuesto es considerablemente más elevado al del yoduro de potasio (INDECOPI 2005, OMS y FAO 2017).

Actualmente, se emplean dos métodos eficientes en la yodación de la sal para consumo humano, los cuales comprenden:

- Método por vía húmeda: se da por el uso de una solución de yodato de potasio disuelta en agua. Esta mezcla puede ser adicionada a la sal mediante bombas esparcidoras, las cuales homogenizan la solución realizada, y mediante el método de goteo, donde se agrega el compuesto de acuerdo al flujo graduado por las vías (MINSa 2003, INDECOPI 2005).
- Método por vía seca: empleando yodato de potasio en formas de cristales secos, se adhiere el compuesto a la sal triturada y homogeneizada. Esta adición se da de manera mecánica o manual, lo cual reduce los costos de implementación y ejecución en cantidades pequeñas (MINSa 2003, INDECOPI 2005).

2.3.4. Métodos de determinación de concentración de yodo en sal

Se empleó el siguiente método de determinación de yodo en sal, basados en la precisión, costo monetario y efectividad:

- Método Yoditest (semicuantitativo): prueba de uso rápido, basada en la reacción del almidón con el compuesto de yodato de potasio. Posee gran aceptación y difusión por el bajo costo, fiabilidad en resultados y portabilidad (MINSa 2003, INDECOPI 2005).

Mannar y Dunn (1995) especificaron y detallaron la facilidad y practicidad del uso de los kits de prueba rápida, además estimaron el costo de 0.13 dólares por cada 10 ml de solución, lo cual sería útil para analizar 80 a 100 muestras de sal de consumo.

Según la OMS, dentro de la guía elaborada sobre los niveles recomendados de yodo en sal y lineamientos para monitorear su adecuación y eficacia, el uso de kit de prueba rápida (Yoditest) debe ser empleado como medida inicial y referencial en pruebas de campo (plantas de producción de sal, supermercados y hogares) (OMS 1996).

La escala de valoración colorimétrica del método de Yoditest se puede apreciar en la **Tabla 5**, en la cual se asigna un valor referencial de concentración de yodo de acuerdo al cambio de color de la materia prima en relación con la solución agregada.

Tabla 5: Valores de yodo en sal de consumo, en prueba Yoditest

Concentración de Yodo en Sal de consumo	Coloración	Descripción
0 ppm	Blanco, sin coloración	Sin Yodación
7 ppm	Celeste muy tenue	Insuficientemente Yodado
15 ppm	Azul o morado	Yodado
>30 ppm	Azul o morado intenso	Adecuadamente Yodado

FUENTE: MINSA (2003).

2.3.5. Valores referenciales e indicaciones, a nivel nacional, de la concentración de yodo en sal de consumo

A nivel de pequeños, medianos y grandes productores, se realizan de manera constante capacitaciones y supervisiones en temas de procesamiento y comercialización respecto a la sal para consumo humano (MINSA 2003). Referente a este aspecto, se encuentra legislado el incumplimiento del correcto proceso de yodación y calidad en la sal, lo cual acarrea

sanciones en los ámbitos administrativos y civiles, además de la suspensión sobre la elaboración y distribución del mencionado producto (INDECOPI 2005).

De acuerdo a la normativa nacional vigente expuesta por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) y el Ministerio de Salud (MINSA) a través de la Norma Técnica Peruana (NTP) de Sal para Consumo Humano, se establece las siguientes condiciones y características para la sal de consumo (MINSA 2003, INDECOPI 2005):

- Extraída de fuentes o recursos naturales como minas de sal y salinas marinas.
- Presentación como cristales blancos con granulación de acuerdo al tipo de la misma
- Puede incluir aditivos admitidos por el Codex Alimentarius, específicamente emulsionantes y antiaglutinantes.
- Será fortalecida con yodo y flúor, en el caso de las sales de mesa y cocina.
- Se expendirá en envases impermeables y libres de metales pesados; se prohíben los provenientes de materiales o productos reciclados.
- En el etiquetado del envase, además de contener los puntos informativos estandarizados, se incluirá el contenido (ppm/kg), fuente de procedencia y método físico utilizado en la adición de yodo y flúor.
- Como particularidad, debido al producto y la política de la Yodación Universal de la Sal, el envase deberá contar con notificaciones referentes a la prohibición de la venta y comercialización en poblaciones con elevada cantidad de flúor en el agua potable; así mismo, deberá consignarse el tipo de sal y la denominación “Sal yodada y fluorada”.

Por otra parte, respecto a los valores referenciales establecidos y normados a nivel nacional por la NTP, estos toman el valor de 30 a 40 ppm de yodo, en la forma de compuesto de yodato de potasio; así mismo, se indica la elección del método de adición por vía húmeda, considerando que este posee mayor uniformidad y aspersion sobre la sal de consumo (INDECOPI 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La ejecución del presente estudio se realizó con la participación de niños y niñas de tres a cinco años de edad, pertenecientes a 18 instituciones educativas privadas “cuna-jardín” del distrito de Villa El Salvador, Lima. El periodo comprendido, desde la solicitud de intervención hasta la obtención de muestras, abarcó los meses entre mayo y agosto del año 2018.

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La tipificación del estudio se muestra a continuación (Sánchez y Reyes 2006, Fiallo et al. 2008):

- Descriptiva: debido a que refiere la medición y especificación de las variables
- Transversal: la medición de las variables mencionadas se da en único momento.
- Prospectiva: la obtención de los datos de las variables se da después de comenzada la investigación.
- Cuantitativa: se estudian variables con un tipo de relación numérica; además, se emplean herramientas estadísticas para la obtención de resultados

3.2. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Objetivo general

-Determinar los niveles de yoduria y la concentración de yodo en sal de consumo en niños de 03 a 05 años de Centros Educativos Iniciales Privados de Villa El Salvador, Lima, en el año 2018

3.2.2. Objetivos específicos

-Evaluar los niveles de yoduria en niños de 03 a 05 años de Centros Educativos Iniciales Privados de Villa El Salvador, Lima, en el año 2018

-Determinar la concentración de yodo en sal de consumo en niños de 03 a 05 años de Centros Educativos Iniciales Privados de Villa El Salvador, Lima en el año 2018

-Establecer la prevalencia, de acuerdo al género, de niveles de yoduria en niños de 03 a 05 años de Centros Educativos Iniciales Privados de Villa El Salvador, Lima en el año 2018

3.3. LIMITACIONES Y VENTAJAS DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Limitaciones de la investigación

Se consideran las siguientes limitaciones, dentro de la aplicación y desarrollo del presente estudio:

-Ausencia de estudios previos en la población determinada (VES), en referencia a las variables estudiadas. Esto no permita comparar o contrastar los resultados con medidas anteriores.

-Tamaño de muestra poblacional limitado, en comparación con estudios nacionales e internacionales de referencia. El muestreo podría ser mayor e indicar, con mayor exactitud, los valores de yoduria y concentración de yodo en sal.

3.3.2. Ventajas de la investigación

Se consideran las siguientes ventajas, en el marco del desarrollo de la investigación:

-Obtención certera y segura de las muestras de orina y sal de consumo por parte de la población.

-Tipo de estudio transversal, lo cual requiere de una intervención única en la toma de muestras, generando mayor practicidad.

-Disposición y facilidades para el desarrollo del estudio, por parte de los padres y personal académico.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Población

El presente estudio tiene como objetivo realizar la descripción de las variables mencionadas sobre una población estimada de 774 niños, con edades comprendidas entre tres y cinco años de edad y pertenecientes a los centros educativos iniciales particulares “Cuna-Jardín”, en el distrito de Villa El Salvador – Lima. En la **Tabla 6** se observan dichas entidades y la cantidad de alumnos matriculados, de las edades mencionadas, en el presente año.

Respecto al lugar y entorno de la población, cabe mencionar que VES es un distrito del sur de Lima, con una población total de 482'027 habitantes e índice de pobreza de 22,8 por ciento (CEPLAN 2017); presenta una de las incidencias de desnutrición crónica infantil más elevadas a nivel distrital, llegando a 6,9 por ciento (SIEN 2016).

Tabla 6: Instituciones educativas privadas “cuna – jardín” y alumnado de 3 a 5 años

NÚMERO	INSTITUCIÓN PRIVADA CUNA-JARDÍN DE VES	CANTIDAD ALUMNOS (3 A 5 AÑOS)
1	"Adventista Salvador"	63
2	"Angelitos"	17
3	"Astro Rey"	27
4	"Bartolomé Herrera"	11
5	"Caminitos de Villa"	20
6	"Cristo el Salvador"	148
7	"El Divino Maestro"	141
8	"Emilia Barcia Bonifatti"	26
9	"Fray Martín de Porres"	19
10	"Jose Antonio Encinas Franco"	25
11	"Jose Baquijano y Carrillo"	19
12	"Juan Pablo Vizcardo y Guzmán"	10
13	"La Dama de Nazca Maria Reiche"	35
14	"Los Ángeles del Salvador"	40
15	"Lucero del Alba"	14
16	"María Clotilde"	23
17	"Nuestra Señora del Perpetuo Socorro"	124
18	"Santísima Trinidad"	12
	TOTAL	774

3.4.2. Muestra

Sobre la población determinada se obtuvo una muestra por *método de muestreo probabilístico – aleatorio estratificado con afijación proporcional*. Este método refiere la obtención de elementos muestrales de cada estrato o subgrupo, dentro del cual se determinará la cantidad de acuerdo a la proporción dada entre la cantidad de elementos y la población. Dentro del tipo de muestreo mencionado, se consideró el *subtipo sin reemplazo*, lo cual indicará que no se devuelven los valores extraídos de la población hasta finalizar el número determinado de componentes de la muestra (Hernández et al. 2014).

Referente a la aplicación de la fórmula de muestreo, se asumió un nivel de confianza de 0,95, con un error estimado de 0.05. Tras la realización de los cálculos pertinentes, se obtuvo la distribución de la muestra observada en la **Tabla 7**.

Tabla 7: Distribución de unidades de muestra según cada institución educativa “cuna – jardín”

NÚMERO	INSTITUCIÓN PRIVADA CUNA-JARDÍN DE VES	UNIDADES DE MUESTRA
1	"Adventista Salvador"	21
2	"Angelitos"	6
3	"Astro Rey"	9
4	"Bartolomé Herrera"	4
5	"Caminitos de Villa"	7
6	"Cristo el Salvador"	49
7	"El Divino Maestro"	47
8	"Emilia Barcia Bonifatti"	9
9	"Fray Martín de Porres"	6
10	"Jose Antonio Encinas Franco"	8
11	"Jose Baquijano y Carrillo"	6
12	"Juan Pablo Vizcardo y Guzmán"	3
13	"La Dama de Nazca Maria Reiche"	12
14	"Los Ángeles del Salvador"	13
15	"Lucero del Alba"	5
16	"María Clotilde"	8
17	"Nuestra Señora del Perpetuo Socorro"	41
18	"Santísima Trinidad"	4
	TOTAL MUESTRA	257

Con fines de desarrollo investigativo, y con el objetivo de delimitar el grupo de niños que formó parte del estudio, se tomó en cuenta los siguientes criterios para la conformación de la población y muestra:

Criterios de Inclusión:

- Niños y niñas con edades comprendidas entre 03 años hasta 5 años 11 meses y 30 días

- Residir en el distrito de Villa El Salvador
- Pertener a una de las instituciones educativas iniciales mencionadas
- Encontrarse matriculado (a) de forma regular, en el presente año escolar de la institución educativa

Criterios de Exclusión:

- No presentar el consentimiento informado debidamente firmado por uno de los padres o apoderado.
- Niños y niñas que, en el momento de la investigación, consuman una medicación con yodo o compuestos similares.

3.5. VARIABLES

Se emplearon dos variables principales para la determinación de los objetivos establecidos. Dichas variables se observan en la **Tabla 8**, donde se realiza la operacionalización de las mismas.

Tabla 8: Operacionalización de las variables determinadas

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA/PUNTO DE CORTE
Concentración de yodo en sal de consumo (Semicuantitativa)	Contenido determinado del compuesto formado por yodo, en relación al total del producto, en la sal de consumo	Analítico	Concentración de yodo en sal de consumo (ppm)	0 ppm = Sin yodación ≥ 7 ppm = Insuficientemente Yodado ≥ 15 ppm = Yodado ≥ 30 ppm = Adecuadamente yodado
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA/PUNTO DE CORTE
Nivel de yoduria (Cuantitativa)	Cantidad determinada de yodo en relación con el volumen de orina	Analítico	Concentración de yodo en orina (ug/L)	<20 = Severa Deficiencia 20-49.99 = Moderada Deficiencia 50-99.9 = Ligera Deficiencia 100-199.9 = Óptimo 200-299.99 = Riesgo de hipertiroidismo >300 = Riesgo de consecuencias

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. Técnica de recolección de datos

La técnica empleada para la recolección de datos en el presente estudio fue **análisis documental**, la cual abarca la descripción del contenido, obtenido de una fuente primaria, mediante el estudio de información pertinente a las variables e indicadores mencionados (Hernández et al. 2014).

El procedimiento de la aplicación de la técnica de recolección de análisis documental, se dio por parte del investigador, mediante el uso de las hojas de registro (**Anexo 2 y Anexo 3**),

cuyo objetivo fue analizar y recabar los datos cuantitativos o valores numéricos referentes a las variables de niveles de yoduria y concentración de yodo en sal. Dichos valores fueron obtenidos (fuente primaria) por métodos de determinación específicos, a cargo del laboratorio “Diasmedic – San Pablo”.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Se emplearon, como instrumentos de recolección de datos obtenidos en la investigación, dos fichas de recolección de datos. Dichas fichas no requirieron un procedimiento de validación, al ser de simple entrada y recoger información. La ficha de recolección 01 (**Anexo 2**) contiene los datos referentes al nivel de yoduria; mientras que, la ficha de recolección 02 (**Anexo 3**) contiene los valores de concentración de yodo en sal de consumo.

3.7. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

3.7.1. Técnica de determinación de yoduria

La técnica escogida y empleada para la determinación de yodo en orina, de las muestras fue el método del Microplato (microplaca), proceso en el cual se digiere una muestra de orina con persulfato amónico a una temperatura de 110°C por 60 minutos. La digestión es realizada en un microplato, posteriormente es transportado a una microplaca donde se desarrolla la reacción de Sandell – Kolthoff, mediante la reducción de iones séricos amarillos por arsénico, durante 30 minutos a 25°C; se llega a medir la cantidad de yodo mediante el cálculo de una curva estándar. Los principales instrumentos a emplear en el proceso son espectrofotómetro y bloque calefactor (Espada 2008).

Respecto a la validación del método, May et al. (1997) realizaron la comparación de correlación entre resultados obtenidos por 6 métodos de determinación de yoduria. Se analizaron 90 muestras, las cuales mostraron valor de mediana de 0.52 umol/L (microplato) y 0.57 umol/L (ICP-MS), obteniendo valores de correlación de Spearman mayores a 0.940.

Dentro de los estudios de mayor relevancia a nivel nacional, los cuales han empleado el método de microplato, se consideran: Tarqui et al. (2016), en la determinación de yoduria de 8023 escolares a nivel nacional; Tarqui et al. (2015), en el análisis de 4188 mujeres; Higa et al. (2010), con el análisis de 2048 MEF a nivel nacional; MINSA (2003), mediante la realización del informe técnico “Vigilancia de yodo en mujeres y gestantes entre 12 a 49 años”, con la evaluación de 4188 mujeres. En el ámbito internacional, se consideran: López et al. (2013), con la evaluación de 1333 niños mexicanos menores de 5 años; Jara et al. (2008), en el análisis de 4487 escolares paraguayos, con edades de 6 a 12 años.

Así mismo, el método de determinación de la yoduria, dado por analítica cuantitativa y muestra única de orina, es considerado el principal en la determinación del estado nutricional del yodo en la población, según la OMS (1979). Respecto a este punto, y para fines del presente estudio, se recolectaron muestras de orina en ayuno, coincidiendo con el menor nivel de yodo en su respectivo ciclo circadiano; además, se optó por emplear el método del microplato, basado en la reacción de Sandell – Kolthoff.

Dicha metodología empleada coincide con las técnicas usadas en los estudios de Higa et al. (2010) y Tarqui et al. (2015, 2016), en los cuales se obtienen muestras únicas de 30 ml y aplican métodos basados en la reacción anteriormente mencionada; por otra parte, algunos estudios internacionales difieren en los procedimientos, como: Lendecky (2012), quien refiere la hora de la toma de muestra, la cual fue sin requerimiento de ayuno y en horas de la tarde; López et al (2013), quienes indicaron la cantidad de muestra de orina requerida en 10 ml; y Caballero y Cárdenas (2014), estudio el cual emplea una cantidad de orina de 5 ml.

En cuanto a la valoración y crítica del presente método de determinación de yoduria, cabe señalar, como factores positivos: el bajo costo de procesamiento, la facilidad en la implementación, la exactitud de la medición y la correlación cercana con métodos de última generación; respecto a los aspectos negativos de la técnica: se requiere pericia en el manipulador de la prueba, y posee riesgo de contaminación y evaporación del yodo.

3.7.2. Técnica de determinación de concentración de yodo en sal

La técnica escogida y empleada para la determinación de yodo en sal de las muestras fue el método de Yoditest (semicuantitativo), prueba de uso rápido, basada en la reacción del almidón con el compuesto de yodato de potasio presente en la sal de consumo. El procedimiento consiste en agregar dos gotas del reactivo en la sal de consumo; a continuación, se puede apreciar un cambio en la coloración, la cual varía desde blanco (sin yodo) hasta azul o morado intenso (adecuadamente yodado) (Hatch 1994).

Pandav et al. (2000) validaron, mediante la comparación con resultados de pruebas por titulación, los valores mostrados por los kits de prueba rápida. Se obtuvieron 1258 muestras de sal, provenientes de 30 escuelas de la ciudad de Delhi, mostrando proporcionalidad en los valores mayores a 15 ppm (63.6% y 64.4%). Los valores de sensibilidad y especificidad, de la prueba rápida, tomaron los valores de 93.3% y 90.4%, respectivamente.

Bhasin y Dubey (1997) realizaron la validación del kit de prueba rápida en 252 muestras de sal provenientes de la ciudad de Delhi. Compararon los resultados con la medición hecha por volumetría, determinando una sensibilidad de 97.14% y especificidad de 80.76%.

En cuanto a la valoración y crítica del presente método de determinación de yodo en sal de consumo, cabe señalar que presenta adecuados valores de sensibilidad y bajos niveles de especificidad. La excelente practicidad, el bajo costo y la sencilla manipulación de los kits rápidos, permite emplear este método en situaciones de trabajo de campo y en investigaciones con amplios volúmenes de muestra. Por exactitud y especificidad, el método de titulación sería empleado por defecto, pero el costo de implementación, el requerimiento de personal experto en el proceso y la poca practicidad, genera división en la elección de acuerdo a las circunstancias.

3.8. PROCEDIMIENTO

Respecto a los procedimientos para la recolección de información, se dio con las fases y el orden mencionado a continuación:

FASE I:

- Coordinación y solicitud de permiso con el director de la UGEL 01 – Lima Metropolitana, para llevar a cabo el estudio.
- Reunión, coordinación y entrega de consentimiento informado (**Anexo 1**) con los coordinadores de las instituciones educativas iniciales.
- Confirmación de exámenes y procedimientos a realizar por el laboratorio “Diasmedic – San Pablo”, entidad que recibirá las muestras y brindará los resultados de las muestras

FASE II:

- Elaboración de instrumentos de recolección de datos, referentes a las variables estudiadas

FASE III:

- Recepción, por parte del investigador, de consentimientos informados debidamente firmados y autorizados por los padres de familia o apoderados.
- Confirmación de la fecha asignada para la recepción de las muestras, previa coordinación con las docentes de las instituciones.

FASE IV:

- Recepción, por parte del investigador, de las muestras de orina y sal de consumo, debidamente rotuladas con el nombre de cada participante. Respecto a la muestra orina, esta se recibió en un frasco de polietileno de 30 ml; en cuanto a la muestra de sal empleada en el hogar de los niños, esta fue recabada en una bolsa plástica hermética, previamente entregada. Dicha muestra de sal proviene del frasco o bolsa de consumo familiar, solicitando un mínimo de 15 g. o 3 cucharaditas.

- El investigador transportó todas las muestras obtenidas, mediante el uso de refrigerantes en “coolers”, hacia el laboratorio “Diasmedic – San Pablo”, donde el personal especializado realizó las pruebas de determinación de yodo en orina y concentración de yodo en sal de consumo.

FASE V:

- Entrega, por parte del personal del laboratorio, de los resultados de ambos procedimientos realizados.
- Recolección, por parte del investigador, de los datos entregados por el laboratorio, mediante dos hojas de registro de datos (**Anexo 2 y 3**).

3.9. ANÁLISIS DE LOS DATOS

El procesamiento de los valores de ambas variables obtenidos de los niños analizados se dio por la digitación, en una base de datos, de los resultados exhibidos en las hojas de registro de datos, las cuales contienen valores cuantitativos determinados por el personal del laboratorio.

Dentro de la base de datos se aplicaron, por medio del uso del software estadístico Minitab versión 17.3.1., pruebas estadísticas según la variable:

- Nivel de yoduria: creación de tabla de frecuencias relacionadas entre estado nutricional del yodo y yoduria; determinación de medidas de tendencia central, como media, mediana y valores extremos, además de obtener medidas de dispersión, como desviación estándar; elaboración de un histograma de frecuencias agrupadas de los niveles de yoduria, con el objetivo de graficar la distribución de acuerdo a la normalidad vista en la campana de Gauss; aplicación de prueba de normalidad de Anderson – Darling ($p=0.07$), para establecer la normalidad estadística en la distribución total de datos.
- Yoduria según género: creación de tabla de distribución de niveles de yoduria, de acuerdo al género, mencionando el porcentaje de casos de niños y niñas según el

estado nutricional del yodo; elaboración de gráfica de dispersión de valores de yoduria en el grupo masculino, con el fin de observar la normalidad en la distribución de datos; aplicación de prueba de normalidad de Anderson – Darling ($p=0.373$) en el grupo masculino; determinación de medidas de tendencia central, como media, mediana y moda, además de medidas de dispersión, como desviación estándar, en el grupo masculino. En cuanto al grupo femenino, se aplicó la prueba de normalidad de Anderson – Darling ($p=0.128$), además de medidas de dispersión y tendencia central. Respecto a la comparación de las medias o medianas de ambos grupos, se procedió a elaborar una gráfica comparativa de cajas, con el objetivo de visualizar la similitud o diferencia entre las principales medidas de cada grupo; posteriormente, se aplicó la prueba F de igualdad de varianzas ($p=0.663$), mediante la cual se estableció una similitud entre ambas medidas. Finalmente, al tener varianzas iguales en ambos grupos, se aplicó la prueba T de Student (0.433), determinando una igualdad estadística entre ambos grupos, basados en las varianzas.

- Concentración de yodo en sal de consumo: creación de tabla de distribución de frecuencias, basada en la concentración de yodo en sal de consumo y la descripción de la escala colorimétrica. Se obtuvieron medidas de tendencia central, como media, mediana y moda.

3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Se brindó toda la información a los padres, maestros y directivos de la UGEL 01, respecto a los objetivos, procedimientos y fines de la presente investigación. Así mismo, se entregó el consentimiento informado (**Anexo 1**), con el fin de ser aprobado y firmado, a cada uno de los padres o apoderados, cuyos hijos fueron objeto de estudio.

La participación de los menores de edad estuvo totalmente vinculada a la aceptación y firma del documento entregado por parte de los padres o apoderados, pudiendo estos negarse a seguir en el proceso durante cualquier momento del desarrollo de la investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se exhiben los resultados, el análisis y la discusión de los datos obtenidos en la aplicación del estudio, para lo cual se emplearon diversos métodos estadísticos a través del uso del programa Minitab versión 17.3.1.

El orden a seguir, dentro de este apartado, se relaciona con la exposición de los objetivos y variables mostrados a lo largo del presente estudio.

4.1. NIVEL DE YODURIA GLOBAL

Se ejecutó la agrupación de unidades de muestreo (frecuencias) de acuerdo a una tabla de distribución (**Tabla 9**), la cual está basada en la denominación del yodo y los niveles de yoduria correspondientes.

Como se puede observar, en la **Tabla 9**, el 66% de los infantes registraron niveles óptimos o adecuados; el 2% o 4 niños presentaron deficiencia de yodo, en un grado leve; mientras que el 32% de la muestra u 83 niños obtuvieron valores excesivos de yodo en orina.

Los valores inadecuados (fuera del rango óptimo) ascendieron a 34% o 87 casos, considerando las situaciones de déficit y exceso; así mismo, dentro del concepto de yodosuficiencia, el cual comprende los valores óptimos y superiores, se determina un porcentaje del 98%, o 253 casos de la muestra.

Cabe resaltar que, no se determinaron casos de niños con niveles de yoduria pertenecientes a un grado de deficiencia moderada y deficiencia leve; así mismo, no existieron valores obtenidos mayores a 300 ug/L.

Tabla 9: Distribución de frecuencias de los niveles de yoduria en relación al estado nutricional de yodo, en niños de 03 a 05 años

Estado Nutricional de Yodo	Yoduria (ug/L)	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa Acumulada
Deficiencia grave	< 20	0	0 %	0	0%
Deficiencia moderada	20 – 49	0	0 %	0	0%
Deficiencia leve	50 – 99	4	2 %	4	2%
Óptimo	100 – 199	170	66 %	174	68%
Riesgo de hipertiroidismo	200 - 299	83	32 %	257	100%
Riesgo de efectos adversos	>300	0	0 %	257	100%
Total		257	100 %		

Dentro de la variedad de valores hallados, se sometió a un estudio de comprobación de normalidad de distribución de datos, el cual se puede apreciar en la **Figura 1**. Se aplicó la prueba de Anderson – Darling (**Anexo 4**), en la cual se obtuvo un valor p de 0.070, aceptando así la hipótesis nula (sí existe normalidad en los datos), es decir, se confirma la existencia de una distribución adecuada y cercana de los valores al promedio establecido de yoduria.

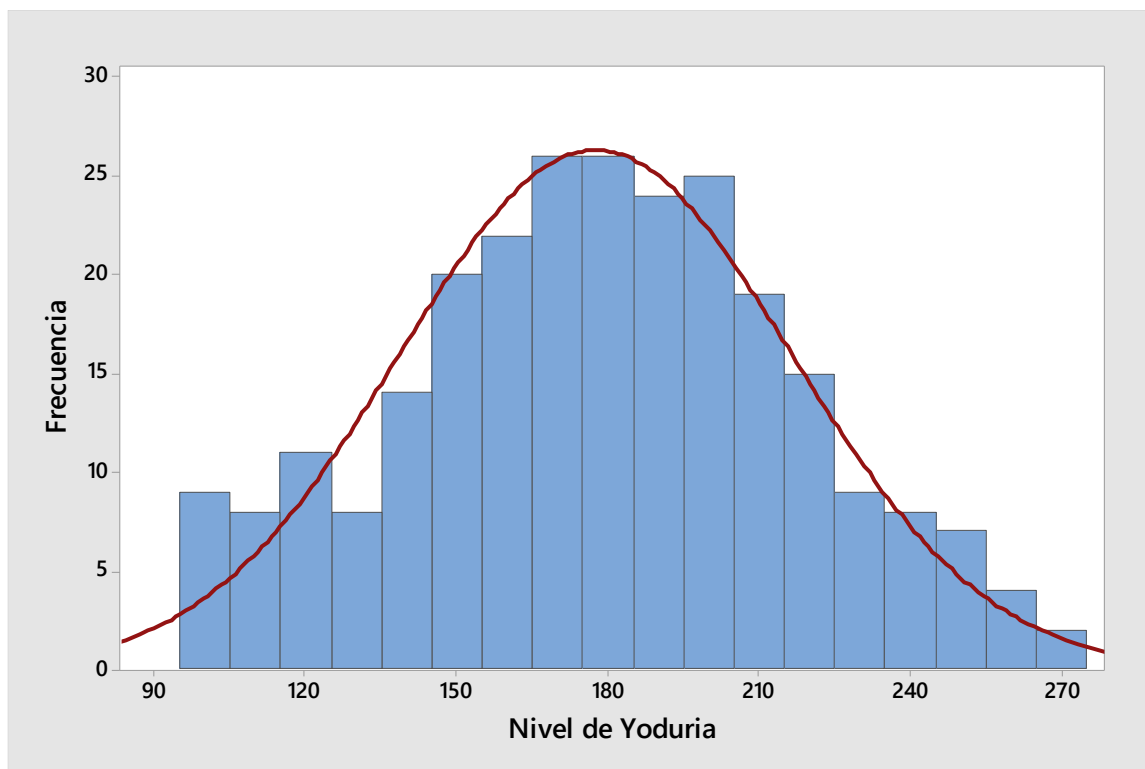


Figura 1: Histograma de frecuencias agrupadas de niveles de yoduria

Respecto a los valores obtenidos en la determinación de medidas de resumen (**Anexo 4**), el promedio de yoduria de la población ascendió a $177.5 \text{ ug/L} \pm 38.94 \text{ ug/L}$. El valor mínimo de yoduria en el grupo estudiado ascendió a 98 ug/L , mientras que el valor máximo hallado fue de 270 ug/L , lo cual indica un rango, o diferencia entre valores extremos, de 172 ug/L . Al tener datos con distribución normal, el valor de la mediana de yoduria (179 ug/L) se asemeja al promedio obtenido, considerando la agrupación y bajos valores extremos presentes. El valor de yoduria obtenido con mayor frecuencia, en el conjunto de datos, es de 160 ug/L , indicando así una distribución unimodal.

En cuanto a la media determinada (177.5 ug/L) de la yoduria global en los infantes., se encontró a la población estudiada en una situación óptima, según la clasificación de la OMS (1979). Este hallazgo estaría relacionado a los siguientes factores: el consumo adecuado de alimentos ricos en yodo, principalmente en la dieta regular en forma de derivados lácteos, frutas y verduras; la correcta aplicación de sistemas de vigilancia de yodación en sal de

consumo, lo cual ha logrado revertir la situación de yododeficiencia mostrada en décadas anteriores, mediante la aplicación de la yodación de la sal a nivel de productores; y, finalmente, el incremento en la frecuencia del consumo de suplementos nutricionales infantiles, lo cuales contienen una cantidad considerable del elemento en cuestión.

La media establecida en la investigación contrasta con el estudio realizado a nivel nacional por Tarqui et al. (2016) donde señalan que obtienen la yoduria de los escolares de nivel primario, exhibiendo una mediana de 258 ug/L de una muestra proveniente de 8023 infantes, clasificándolos así en un estado de exceso de yodo o riesgo de hipertiroidismo; así mismo, Capdevilla et al. (2010) ejecutan una investigación en Lleida, España, la cual analiza una muestra de 328 niños y obtiene una media de 234 ug/L. Estos hallazgos podrían explicarse por el mayor consumo de alimentos respecto a las edades de los niños estudiados, los factores de correcta seguridad alimentaria de cada zona y la ausencia de normalidad en la distribución. Por otra parte, estudios internacionales demuestran compatibilidad con los resultados de la presente investigación, como el estudio presentado por García (2013), quien en una población de 216 escolares de Madrid, obtuvo una mediana de 120 ug/L, y el estudio realizado en Venezuela por Caballero y Cárdenas (2014), en donde se determina una mediana de 180 ug/L. La causa de dichos hallazgos podría estar dado por la presencia de control de procesos de yodación de la sal y por la baja cantidad de individuos analizados.

El método de determinación de la yoduria, dado por analítica cuantitativa y muestra única de orina, es considerado el principal en la determinación del estado nutricional del yodo en la población, según la OMS (1979). Respecto a este punto, y para fines del presente estudio, se recolectaron muestras de orina en ayuno, coincidiendo con el menor nivel de yodo en su respectivo ciclo circadiano; además, se optó por emplear el método del microplato, basado en la reacción de Sandell – Kolthoff.

Haap et al. (2017) realizaron un estudio para comparar la precisión de los valores de yoduria obtenidos, en una población de 103 individuos, mediante los métodos de Sandell-Kolthoff e ICP-MS; se obtuvieron promedios de 62.69 ug/L y 65.63 ug/L, respectivamente. La determinación de la igualdad de resultados estuvo dada por el valor r de Spearman (0.981).

Caldwell et al. (2005) referenciaron un análisis en base a las estadísticas mostradas por la implementación de un sistema de control de calidad (EQUIP) en los métodos de determinación de yoduria, instaurado por la CDC en el año 2001. Estuvieron involucrados 41 laboratorios de 26 ciudades de todo el mundo, los cuales realizaron prueba con los métodos de ICP-MS, persulfato de amonio - SK y ácido clórico. Se compararon los resultados obtenidos, en promedio por los laboratorios, determinando valores de 89.4 ug/L (persulfato de amonio – SK) y 85.8 ug/L (ICP-MS), en comparación con 90 ug/L (valor de la CDC). Se determinó la elevada proximidad de resultados y correlación (r de Spearman mayor a 0.92).

Ohashi et al. (2000) desarrollaron una modificación al método de digestión con persulfato de amonio, el cual utilizaba una microplato, disminuyendo la pérdida de yodo y posibles contaminaciones. Se analizaron 70 muestras de orina, comparando con el método de ácido clórico, determinando un coeficiente de correlación entre los valores de 0.991 (r de Spearman); además, se estudiaron 61 muestras de orina, comparando con el método de ICP-MS, obteniendo un coeficiente de correlación de 0.979 (r de Spearman)

Dicha metodología empleada coincide con las técnicas usadas en los estudios de Higa et al. (2010) y Tarqui et al. (2015, 2016), en los cuales se obtienen muestras únicas de 30 ml y aplican métodos basados en la reacción anteriormente mencionada; por otra parte, algunos estudios internacionales difieren en los procedimientos, como: Lendecky (2012), quien refiere la hora de la toma de muestra, la cual fue sin requerimiento de ayuno y en horas de la tarde; López et al (2013), quienes indicaron la cantidad de muestra de orina requerida en 10 ml; y Caballero y Cárdenas (2014), estudio el cual emplea una cantidad de orina de 5 ml.

4.2. NIVEL DE YODURIA SEGÚN GÉNERO

Según lo observado en la **Tabla 10**, la frecuencia de la clasificación del yodo, basada en cada grupo de género de muestra, exhibe un porcentaje de niveles óptimos (100 ug/L – 199 ug/L) dentro del grupo de niñas del 64% u 88 casos; en cambio, el 68% u 82 casos de los

niños tuvieron niveles adecuados. Los casos de exceso de yoduria (200 ug/L – 299 ug/L) en el grupo de niños asciende al 29% de su población, mientras que el 35% o 48 casos se presentan en el grupo de niñas. Se determinaron 4 valores deficitarios de yodo (0 ug/L – 99 ug/L) dentro de los dos grupos; esto, referente al porcentaje individual de cada grupo, significa 03% en niños y 01% en niñas. Los valores de yoduria mayores a 100 ug/L comprenden el 97% de las muestras dentro del grupo de niños, mientras que en el grupo de las niñas se supera este porcentaje (99%), obteniendo 136 casos.

Tabla 10: Distribución de los niveles de yoduria según género, en niños de 03 a 05 años

Estado Nutricional de Yodo	Yoduria (ug/L)	Niños N (%)	Niñas N (%)
Deficiencia grave	< 20	0 (0%)	0 %
Deficiencia moderada	20 – 49	0 (0%)	0 %
Deficiencia leve	50 – 99	03 (3%)	01 (1%)
Óptimo	100 – 199	82 (68%)	88 (64%)
Riesgo de hipertiroidismo	200 - 299	35 (29%)	48 (35%)
Riesgo de efectos adversos	>300	0	0 %
TOTAL		120 (100 %)	137 (100%)

Respecto al tipo de distribución de valores, como se observa en la **Figura 2**, esta obedece a una distribución normal de datos, lo cual permite emplear al promedio de yoduria como una medida de referencia y se asume que existe una dispersión de valores cercanos a la misma. La demostración estadística de la normalidad de los datos mencionados se dio por la aplicación de la prueba de Anderson – Darling (**Anexo 5**), en la cual el grupo masculino obtuvo un valor p de 0.373, es decir, se confirma por pruebas estadísticas la existencia de una distribución normal y cercana, por parte de los datos, al promedio de yoduria.

En el grupo masculino, se determinó (**Anexo 5**) un promedio de yoduria de $175.49 \text{ ug/L} \pm 38.15 \text{ ug/L}$. El valor más bajo encontrado fue de 98 ug/L , mientras que el mayor valor hallado obtuvo 260 ug/L .

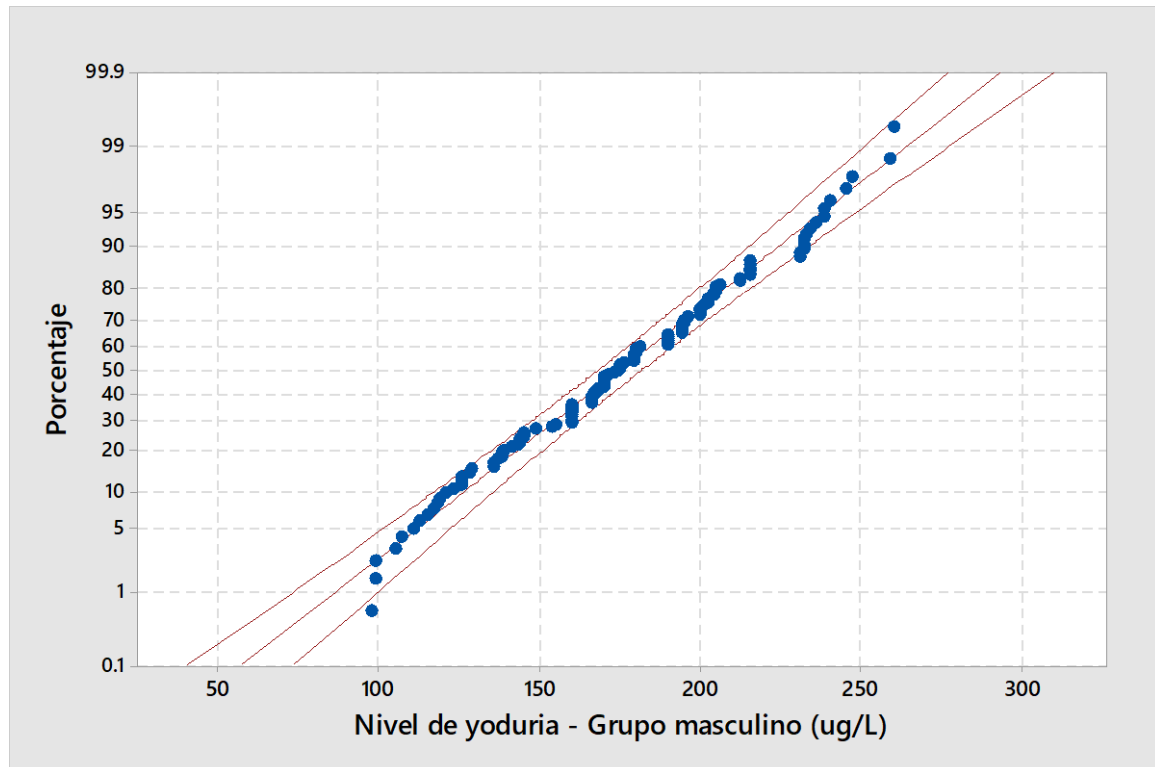


Figura 2: Dispersión de niveles de yoduria, en grupo masculino

En el grupo femenino, respecto al tipo de distribución de valores, como se observa en el **Figura 3**, esta obedece a una normalidad de datos, lo cual permite emplear al promedio de yoduria como medida de referencia. La demostración estadística de la normalidad de los datos mencionados se dio por la aplicación de la prueba de Anderson – Darling (**Anexo 6**), en la cual el grupo femenino obtuvo un valor p de 0.128, es decir, se confirma por la prueba estadística la presencia de una distribución adecuada y cercana, por parte de los datos, al promedio de yoduria.

En este grupo se determinó (**Anexo 6**) un valor mínimo de yoduria 99 ug/L y máximo de 270 ug/L . Sobre el promedio obtenido de esta subpoblación se determinó un valor de $179.31 \text{ ug/L} \pm 39.67$.

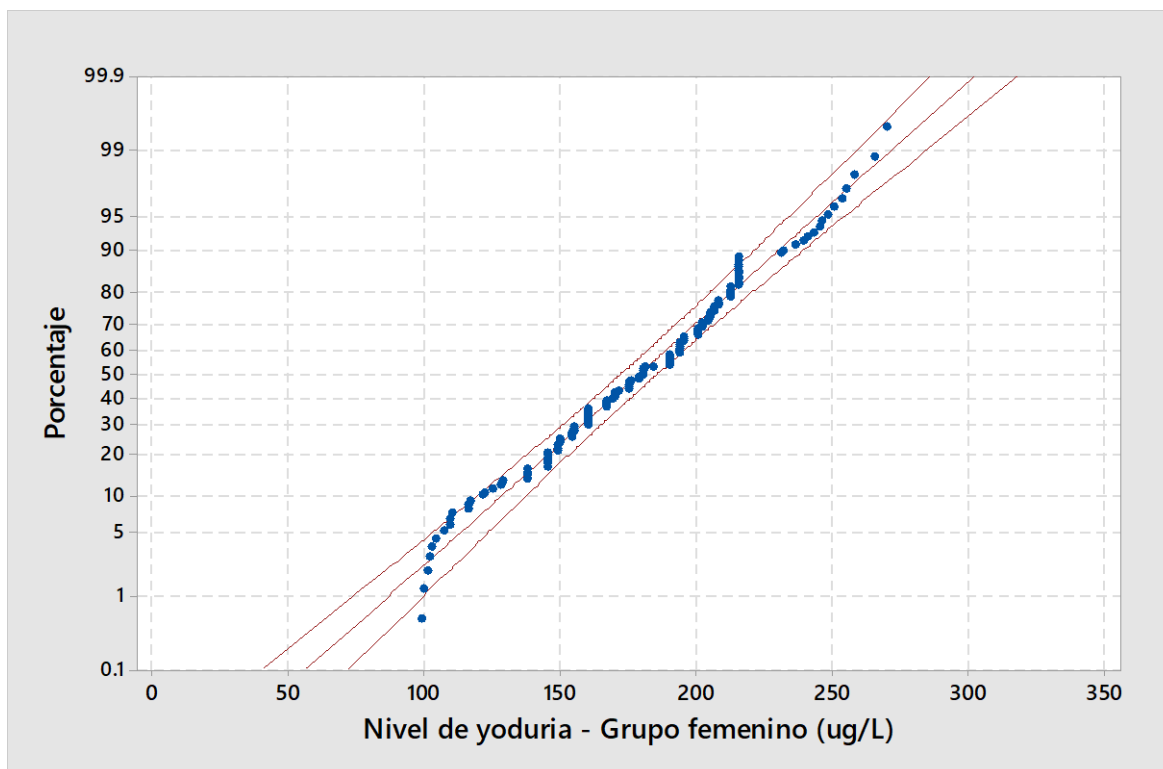


Figura 3: Dispersión de niveles de yoduria, en grupo femenino

Se plasmó la división de los valores de yoduria de acuerdo al promedio y cuartiles, en un diagrama de cajas, como se puede apreciar en la **Figura 4**. Tanto en el grupo masculino como en el femenino, se da una dispersión homogénea entre los valores y se obtienen promedios muy cercanos entre sí; por otra parte, no existen valores extremos y ambos grupos presentan una proporcionalidad entre los cuartiles 1, 2 y 3, apreciando un ligero incremento en el rango intercuartílico del grupo masculino (56.75) frente al grupo femenino (54). La diferencia de medianas establece una mínima superioridad numérica del grupo femenino, obteniendo 180 ug/L frente a 175 ug/L.

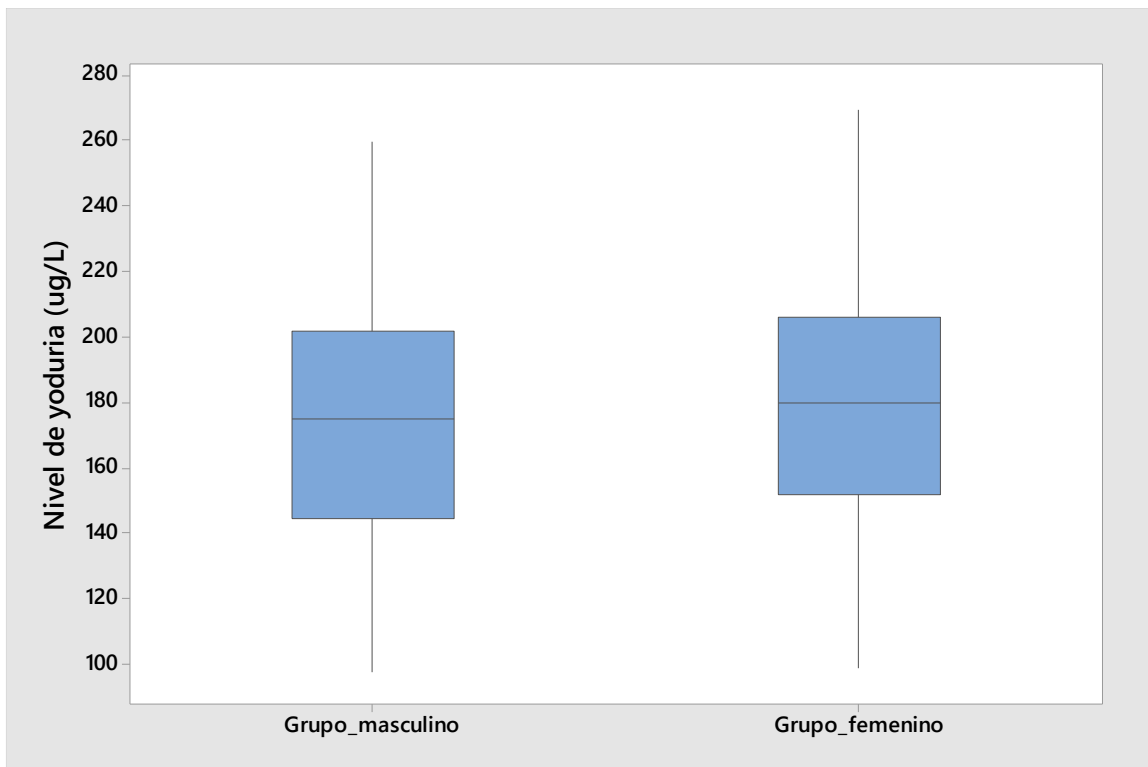


Figura 4: Gráfica de cajas de niveles de yoduria, según género

Se realizó la comprobación de igualdad de varianzas, mediante la aplicación de la prueba F (**Anexo 7**), cuyo valor p de 0.663 supera el nivel de significancia de 0.05, señalando así la igualdad de varianzas entre los 2 grupos, y permitiendo comparar los promedios de ambos.

Con el objetivo de establecer la existencia de una diferencia o igualdad significativamente estadística, se aplicó la prueba paramétrica T de student (**Anexo 8**), en la cual se considera, como hipótesis alterna, la premisa de una diferencia entre los niveles de yoduria de ambos géneros; se obtiene un valor p (0.433) por encima del nivel de significancia establecido (0.05), lo cual indica un negativa al rechazo a la hipótesis nula; es decir, existe una igualdad estadística de los niveles de yodo en orina de ambos grupos.

En cuanto a la determinación de yoduria según género, Capdevila et al. (2010) luego de analizar las yodurias en niños de ambos sexos, determinó una prevalencia para el género masculino y femenino de 47 % y 53 %, respectivamente; además, obtuvo medianas

superiores de niños frente a niñas, con valores de 220 ug/L y 209 ug/L. En otra investigación internacional, García (2013) estableció una prevalencia de 51% para el grupo masculino y 49% para el femenino. Dichos resultados se asemejan al estudio nacional realizado por Tarqui et al. (2016), el cual fijó una prevalencia de 50,9 % para el género masculino y 49,1% para el femenino; además, la cuantificación de la yoduria toma valores en las medianas de 265 ug/L y 250 ug/L, respectivamente.

Respecto a las investigaciones indicadas, cabe señalar la similitud con el presente estudio, respecto a la cercanía en la distribución del porcentaje de cada grupo; sin embargo, existe una clara diferencia y contraste respecto a las cantidades promedio de yoduria de cada género, siendo notablemente mayores. Esto se justificaría por la cantidad de muestra estudiada, la edad y el requerimiento nutricional por grupo etario, y el ámbito socioeconómico de la población estudiada.

4.3. CONCENTRACIÓN DE YODO EN SAL DE CONSUMO

Respecto a la determinación de la concentración del elemento en mención, como se aprecia en la **Tabla 11**, se obtuvieron valores expresados en parte por millón (ppm). Cabe señalar para este caso que, de acuerdo a la normativa nacional de yodación (≥ 30 ppm) indicada por MINSA e INDECOPI, el 79 % o 204 muestras de sal de consumo fueron determinadas como inadecuadamente yodadas, mientras que tan solo el 21 % o 53 muestras se consideran adecuadamente yodadas. Por otra parte, teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la OMS (≥ 15 ppm), se determinó que el 90 % o 231 casos cumplen con lo indicado, mientras que tan solo el 10% o 26 casos son considerados como inadecuadamente yodados. Se indicó que la concentración mínima determinada en las muestras de sal fue de ≥ 7 ppm, mientras que el valor máximo superó los 30 ppm.; así mismo, el valor determinado con mayor frecuencia fue ≥ 15 ppm, convirtiendo esta distribución de valores cualitativos en unimodal.

Tabla 11: Distribución de frecuencias de concentración de yodo en sal de consumo, en niños de 03 a 05 años

Concentración de yodo en sal de consumo	Descripción	Frecuencia	Porcentaje	Frec. Absoluta Acumulada	Porc. Absoluto Acumulado
0 ppm	Sin Yodación	0	0 %	0	0 %
≥ 7 ppm	Insuficientemente Yodado	26	10 %	26	10 %
≥ 15 ppm	Yodado	178	69 %	204	79 %
≥ 30 ppm	Adecuadamente Yodado	53	21 %	257	100 %
Total		257	100 %		

Los valores respecto a la concentración de yodo en sal, según el INDECOPI (2005) mediante la Norma Técnica Peruana, establecen como medida aceptable la cantidad mayor a 30 ppm; dicho valor es el resultado de una adecuación a la normativa impuesta por la OMS (1979), cuyo parámetro indica un valor mayor a 15 ppm o 20 ppm; así mismo, este organismo considera, como mínimo, un 90 % de cobertura de sal yodada en los hogares (≥ 15 ppm). El aumento en los parámetros nacionales estaría basado en aplicaciones de medidas preventivas de los TDY, situación de inseguridad alimentaria respecto a alimentos ricos en yodo, e irregularidad en los procesos de yodación a nivel nacional.

En cuanto a los valores de yodo en sal, se determinó que un 69 % obtuvieron concentraciones en un rango ≥ 15 ppm, mientras que tan solo un 21 % de las muestras de sal se determinaron como adecuadamente yodada (≥ 30 ppm), según lo normado por el INDECOPI (2005). Esta situación podría deberse a la falta de vigilancia y monitoreo en los procesos de yodación de sal de consumo, aunado a una baja difusión de las normas y los valores establecidos; además, el factor de conservación y transporte de la sal, en los hogares, tendría una posible incidencia en la concentración de yodo, causando una disminución en los valores.

En el ámbito académico nacional, se han dado progresivamente estudios de investigación y monitoreo de los correctos métodos y procesos en la yodación. El común denominador en los estudios previos tiene como indicador de valor máximo la medida de ≥ 15 ppm de yodo en sal, como lo obtenido en el estudio de Miranda et al. (2004), donde se aprecia una cobertura nacional del 92,9%, y regional del 91,1 %. Otra investigación, llevado a cabo por Higa et al. (2010) señaló hallazgos de cobertura a nivel nacional de 85%, y regional del 92,5%. Por último, Tarqui et al (2016) mostraron coberturas a nivel nacional ascendentes a 76,9%. Esta gama de estudios permite determinar la involución en cuanto a implementación y cumplimiento de correctos procesos en el marco de la YUS; así mismo, la notable disminución progresiva, a partir del año 2004, de la cobertura de sal correctamente yodada, podría ser causada por una deficiencia en el control y aplicación de políticas en el ámbito de la yodación universal de la sal, así como la introducción de sales alternativas en el mercado.

La similitud mostrada, en cuanto a cifras de cobertura, con el estudio realizado en México por López et al. (2013), permite corroborar valores alarmantes de sal inadecuadamente yodada (≤ 15 ppm), en cuyo caso asciende a 21,5 %. Así mismo, en el estudio realizado por López y Martín (2014) se determinó una prevalencia del 18,75% de valores ≤ 15 ppm, mientras que el 68% de las muestras tenían una concentración de yodo > 15 ppm.

La determinación de la concentración de yodo en sal de consumo se dio por el método semicuantitativo de Yoditest, el cual cuenta con la aprobación, difusión y uso por parte del Ministerio de Salud (MINSa 2003).

Kapil et al. (1994) buscaron determinar la eficacia de los kits de pruebas rápidas de determinación de yodo en sal de consumo, a comparación del método titulación. Analizaron 589 muestras de sal, provenientes de hogares en la India, estableciendo una sensibilidad del 96% y especificidad del 25%, debido a la cantidad de falsos positivos. El kit de prueba solo presento 2 medidas: menor a 15 ppm y mayor a 15 ppm.

Nepal (2013) realizó la determinación, basado en el método rápido y el método de titulación, de yodo en sal de consumo, en 707 escolares de 6 a 12 años. La investigación se desarrolló en Nepal, y demostró valores de sensibilidad de 84.8% y especificidad de 68.3%.

Dentro de los estudios de mayor relevancia a nivel nacional, los cuales han empleado la prueba de uso rápido, se consideran: Higa et al. (2010), evaluaron 1753 muestras de sal de consumo, provenientes de MEF de todas las regiones; Miranda et al. (2004), estimaron los valores de yodo en 2907 muestras provenientes de hogares con MEF y niños de 12 a 35 meses de edad. En el ámbito internacional, se considera que Semba et al. (2008) analizaron, como parte del sistema nacional de vigilancia de nutrición de Indonesia, la concentración de yodo en la sal, durante los años de 1999 a 2003, obteniendo 145522 y 445546 muestras, en zonas urbanas y rurales, respectivamente;

La elección de un método portátil y accesible coincide con el empleado en los estudios descritos por Miranda et al. (2004) e Higa et al. (2010), en los cuales se evaluaron muestras de sal de 5 g, provenientes de niños menores de tres años y mujeres en edad fértil (MEF). Por otra parte, Valdivia et al. (2012) emplearon el método analítico volumétrico, con el fin de realizar la vigilancia de fortificación de yodo en sal de consumo a nivel nacional; el uso de este método es emulado en estudios internacionales provenientes de México (López et al. 2013), España (García 2013) y Venezuela (Bastardo et al. 2017), pudiendo atribuir la elección del método al amplio presupuesto empleado y la disponibilidad de laboratorios certificados.

V. CONCLUSIONES

Respecto a la población estudiada, correspondiente a infantes de 3 a 5 años de edad, provenientes de Centros Educativos “Cuna – Jardín” de VES, se obtienen las siguientes conclusiones:

- La población de infantes analizados presentó un nivel de yoduria adecuado, según la clasificación de la OMS, con un valor promedio de 177 ug/L, considerando la obtención de la única muestra de orina por participante.
- El amplio porcentaje (32 %) de infantes con valores excesivos de yoduria, muestra una situación de riesgo en el desarrollo de enfermedades tiroideas, apreciando un potencial factor para el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) en etapas de la adultez y vejez.
- En la comparación de los niveles de yoduria según género, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, el grupo de niñas obtuvo una media 5 ug/L por encima del grupo de niños. Dicha diferencia, al ser obtenida por muestra única de orina, puede no mostrar un valor realmente diferencial.
- La concentración de yodo en sal muestra una correcta cobertura en la población (90 %), teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la OMS (≥ 15 ppm). Así mismo, cabe señalar la susceptibilidad de la prueba de determinación, la cual al ser colorimétrica muestra resultados en un rango estimado

- Los métodos empleados para la determinación de yoduria y concentración de yodo en sal de consumo, coincidieron con los usados en estudios nacionales e internacionales referenciados, demostrando alto nivel de sensibilidad y especificidad.

VI. RECOMENDACIONES

- Fomentar y promocionar la realización de estudios e investigaciones anuales en materia de control de niveles de yoduria y concentración de yodo en sal de consumo de niños, a nivel nacional.
- Estimar, dentro de las futuras investigaciones, la determinación y análisis de otros indicadores del estado nutricional del yodo en los niños. Dentro de los análisis, se incluirían niveles de hormonas tiroideas, alteraciones ecográficas de tiroides y cantidad de anticuerpos antitiroglobulina.
- Incluir la evaluación periódica de yoduria, mediante análisis cuantitativo analítico y en muestra única de orina, como parte de los controles pediátricos comprendidos desde los 6 hasta los 60 meses de edad. Esta determinación permitiría establecer causas del retardo del crecimiento y desarrollo cognitivo.
- Instaurar políticas sanitarias y educativas referentes a la difusión de la importancia del yodo y sal de consumo, en los diversos grupos etarios. Estas podrían ser desarrolladas en centros hospitalarios y colegios, teniendo como actividades principales las sesiones educativas y demostrativas.
- Realizar actividades informativas y educativas respecto a la variedad y disponibilidad de métodos de determinación de yodo en orina y sal, lo cual permitiría ampliar el acceso y uso de las mismas en el ámbito sanitario y educativo.
- Implementar y consolidar estrategias de prevención, supervisión y corrección de los adecuados procesos de yodación en las plantas de procesamiento de sal, cuyo objetivo estaría dirigido a mejorar la calidad del producto.

- Adecuar los parámetros nacionales de concentración de yodo en sal mostrados en la Norma Técnica Peruana (NTP), a los valores estándares empleados por la OMS, cuya concentración referente es ≥ 15 ppm. Dicha modificación facilitaría el análisis y comparación de resultados obtenidos con estudios a nivel internacional.
- Revisar y ejecutar las sanciones, civiles y penales, por la adulteración de la composición de la sal para consumo, lo cual sería considerado un delito contra la salud pública, teniendo como agravante el irreparable daño en el correcto desarrollo humano.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Als, C; Helbling, A; Peter, K; Haldimann, M; Zimmerli, B; Gerber, H. 2000. Urinary Iodine Concentration follows a Circadian Rhythm: A Study with 3023 Spot Urine Samples in Adults and Children¹. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 85(4):1367–1369. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1210/jcem.85.4.6496
- Aoki, Y; Belin, R; Clickner, R; Jeffries, R; Phillips, L; Mahaffey, K. 2007. Serum TSH and total T4 in the United States population and their association with participant characteristics: National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES 1999-2002). *17(12):1211-23*. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18177256>
- Ares, S; Quero, J; Morreale, G. 2009. Enfermedades frecuentes del tiroides en la infancia. *Rev Pediatr Aten Prim* 11:79–110. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-7632200900060005
- Azizi, F; Sarshar, A; Nafarabadi, M; Ghazi, A; Kimiagar, M; Noohi, S; Kalantari, S. 1993. Impairment of neuromotor and cognitive development in iodine-deficient schoolchildren with normal physical growth. *Acta Endocrinologica*, 129(6):501–504. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1530/acta.0.1290501

- Bastardo, G; Quintero, Y; Angarita, C; Acero, C; Barreral, O; Castañeda, G; Carreo, A; Rivas, J. 2017. Consumo de yodo, estado nutricional y situación socioeconómica en dos comunidades con diferente altitud sobre el nivel del mar. *Rev Venez Endocrinol Metab.* 15(1): 29-40. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3755/375550043005.pdf>
- Bhasin, S; Dubey, K. 1997. Validity of spot testing kit for estimation of iodine content of salt under field conditions in national capital territory of Delhi. *Indian Journal of Maternal and Child Health.* 8(2): 42-43.
- Bourdoux, P; Delange, F; Gerard, M; Mafuta, M; Hanson, A; Ermans, M. 1978. Evidence that Cassava Ingestion Increases Thiocyanate Formation: A Possible Etiologic Factor in Endemic Goiter. *Journal of clinical endocrinology and metabolism.* 46(4): 613-21. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <https://academic.oup.com/jcem/article-abstract/46/4/613/2678536?redirectedFrom=fulltext>
- Caballero, L; Cárdenas, L. 2014. Excreción urinaria de yodo en escolares de la región andina, Venezuela 2011. *Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría.* 77(1):15-19. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=367937050004>
- Caldwell, K; Jones, R; Hollowell, J. 2005. Urinary Iodine Concentration: United States National Health and Nutrition Examination Survey 2001–2002. *Thyroid,* 15(7):692–699. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1089/thy.2005.15.692
- Caldwell, K; Makhmudov, A; Jones, R; Hollowell, J. 2005. EQUIP: a worldwide program to ensure the quality of urinary iodine procedures. *Accreditation and Quality Assurance,* 10(7):356–361. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1007/s00769-005-0003-x

- Cao, X; Jiang, X; Dou, Z; Rakeman, M; Zhang, M; O'Donnell, K; DeLong, G. 1994. Timing of Vulnerability of the Brain to Iodine Deficiency in Endemic Cretinism. *New England Journal of Medicine*, 331(26):1739–1744. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1056/nejm199412293312603
- Capdevila, R; Marsal, J; Pujol, J; Anguera, R. 2010. Estudio de prevalencia de la deficiencia de yodo en una población escolarizada de 6 años. *An Pediatr. (Barc.)* 72(5):331–338. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <https://www.analesdepediatria.org/es-pdf-S1695403310001220>
- Cárdenas, H; Gómez, C; Pretell, E. 2013. Contenido de yodo en leche de vacuno procedente de la Sierra y Costa del Perú. *Arch. Latinoam. Nutr.* 53(4):408-412. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000400012
- CEPLAN (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico). 2017. Matriz de indicadores nacionales 2017. Consultado 12 jun. de 2019. Disponible en: <https://www.ceplan.gob.pe/wp-content/uploads/2017/08/Matriz-de-indicadores-nacionales-a-Julio-de-2017.pdf>
- Cooper, D. 2001. Subclinical hypothyroidism. *New England Journal of Medicine* 345(4):260-265. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejm200107263450406>
- Delange, F; Camus, M; Ermans, A. 1972. Circulating Thyroid Hormones in Endemic Goiter. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 34(5):891–895. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1210/jcem-34-5-891

- Delange, F; Ekpechi, L; Rosling, H. 1994. Cassava cyanogenesis and iodine deficiency disorders. *Acta Horticulturae*, (375):289-294. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.17660/actahortic.1994.375.29
- Delange, F; De Benoist, B; Alnwick, D. 1999. Risks of Iodine-Induced Hyperthyroidism After Correction of Iodine Deficiency by Iodized Salt. *Thyroid*, 9(6):545–556. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1089/thy.1999.9.545
- Delange, F. 2001. Iodine deficiency as a cause of brain damage. *Postgraduate medical journal* 2001(77):217–20.
- Dohán, O; De la Vieja, A; Paroder, V; Riedel, C; Artani, M; Reed, M.; Ginter, C; Carrasco, N. 2003. The Sodium/Iodide Symporter (NIS): Characterization, Regulation, and Medical Significance. *Endocrine Reviews* 24(1):48–77.
- Dorantes, A; Martínez, C; Ulloa, A (eds). 2016. *Endocrinología clínica de Dorantes y Martínez*. 5a ed. Ciudad de México, México, El Manual Moderno.
- Dorey, C; Zimmermann, M. 2008. Reference Values for Spot Urinary Iodine Concentrations in Iodine-Sufficient Newborns Using a New Pad Collection Method. *Thyroid*, 18(3):347–352. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1089/thy.2007.0279
- Eckhoff, K; Maage, A. 1997. Iodine Content in Fish and Other Food Products from East Africa Analyzed by ICP-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10(3):270–282. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1006/jfca.1997.0541
- ECSA (Comunidad de salud de los países del Este, Centro y Sur de África). 2011. *Manual para el monitoreo interno de la sal fortificada con yodo en operaciones a pequeña escala*. 2da ed.

- Espada, M. 2008. La medición del yodo en la orina: medición de las técnicas. *Revista de Endocrinología y Nutrición*. Madrid, España. 55 (1): 37-42.
- Fiallo, J; Cerezal, J; Hedesa, Y. 2008. *La investigación pedagógica: una vía para elevar la calidad educativa*. Lima, Perú, Taller gráfico San Remo.
- García, M. 2013. *Situación nutricional de yodo en niños de entre 3 y 14 años: variables individuales, familiares, dietéticas, analíticas y ecográficas*. Tesis doctoral. Madrid, España, Universidad Autónoma de Madrid. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en:
https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/662030/garcia_%20ascaso_marta_taida.pdf?sequence=1
- Gonzales, M. 2006. Erradicación de la deficiencia de yodo: una asignatura pendiente. *OFFARM (Revista de la oficina de farmacia, España)*. Madrid, España. 25(10): 86-94.
- Greene, R; Farran, H; Glascock, R. 1958. Goitrogens in milk. *Journal of Endocrinology*, 17(3), 272–279. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1677/joe.0.0170272
- Haap, M; Roth, H; Huber, T; Dittmann, H; Wahl, R. 2017. Urinary iodine: comparison of a simple method for its determination in microplates with measurement by inductively-coupled plasma mass spectrometry. *Scientific Reports*, 7(1). Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1038/srep39835
- Haldimann, M; Alt, A; Blanc, A; Blondeau, K. 2005. Iodine content of food groups. *Journal of Food Composition and Analysis*. 18(6):461-471. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1016/j.jfca.2004.06.003

- Hatch, G. 1984. Hypoiodous acid, iodine, and iodide determination with leucocrystal violet and N-chlorosuccinimidesuccinimide reagents. *Anal Chem* 56:2238–41. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac00276a057>
- Hernández, R; Fernández, C; Baptista, MP. 2014. *Metodología de la investigación*. 6a ed. Ciudad de México, México, McGraw-Hill.
- Higa, A; Miranda, M; Campos, M; Sánchez, J. 2010. Ingesta de sal yodada en hogares y estado nutricional de yodo en mujeres en edad fértil en Perú, 2008 (en línea). *Rev Peru Med Exp Salud Pública*. 27(2): 195-200. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342010000200006&lng=en.
- IGN (Global Iodine Scorecard and map). 2017. Washington: Iodine Global Network (en línea). Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <http://www.ign.org/scorecard.htm>
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2005. *Norma Técnica Peruana de Sal para Consumo Humano*. NTP 209.015 2005. Lima, Perú.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2017. *Encuesta demográfica y de salud familiar 2016* (en línea). Lima, Perú. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1433/index.Html

- Jara, J; Pretell, E; Ovelar, E; Jara, M; Jara, J; Jara, E. 2008. Exceso de yodo en la sal, riesgo de hiper e hipotiroidismo en la población. Situación del control de la deficiencia de yodo en el Paraguay.
- Kapil, U; Nayar, D; Goindi, G. 1994. Utility of spot testing kit in the quantitative estimation of iodine content in salt. *Indian pediatrics*. 31:1433-5. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/45e5/921448d820c0bed2c287b35184fba3abb50e.pdf>
- Konig, F; Andersson, M; Hotz, K; Aeberli, I; Zimmermann, MB. 2011. Ten repeat collections for urinary iodine from spot samples or 24-hour samples are needed to reliably estimate individual iodine status in women. *J Nutr* 141:2049–54. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21918061>
- Kumar, R; Tandon, N; Ganie, M; Kanwar, R; Sastry, A; Garg, M; Bhadra, K; Singh, S. 2012. Status of thyroid function in Indian adults: Two decades after universal salt Iodization. *The Journal of the Association of Physicians of India*, 60:32-36.
- Lendecky, M. 2012. Yoduria en población mexicana adulta. Tesis de especialidad. Ciudad de México, México, Instituto nacional de ciencias médicas y nutrición “Salvador Zubirán”, (UNAM) Universidad Autónoma de México.
- Leung, A; Braverman, L; Pearce, E. 2012. History of U.S. iodine fortification and supplementation. *Nutrients* 4:1740–6. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3509517/>
- Lizarzaburu, J; Cornetero, V; Núñez, V. 2013. Hipotiroidismo subclínico y estimación de su frecuencia en síndrome metabólico y obesidad en un grupo poblacional urbano de Lima, Perú. *Revista Peruana de Epidemiología*, 17(1):01-05.

- López, G; Galván, M; Silva, I; Chávez, M. 2013. Factores asociados al estado nutricional de yodo en preescolares del estado de Hidalgo, México. *Gaceta Médica de México*. 149:161-7. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Galvan/publication/236653471_Factors_associated_with_iodine_nutritional_status_of_preschool_children_in_Hidalgo_Mexico/links/56746a2b08ae0ad265ba790f/Factors-associated-with-iodine-nutritional-status-of-preschool-children-in-Hidalgo-Mexico.pdf
- López, S; Martín, I. 2014. Contenido de yodo en sal a nivel de puestos de venta provenientes de distintas localidades en tres regiones argentinas. *Rev. argent. endocrinol. Metab*; 51(2):59-65. Consultado en 12 jun. 2019. Disponible en: <http://www.raem.org.ar/numeros/2014-vol51/numero-02/59-65-endo2-4-linares-a.pdf>
- Mahan, L; Escott-Stump, S; Raymond, J (eds). 2013. *Dietoterapia Krause*. 13a ed. Barcelona, España, Elsevier España. ISBN edición original: 978-1-4377-2233-8. ISBN edición española: 978-84-8086-963-8.
- Mannar, M; Dunn, J. 1995. Salt iodization for the elimination of iodine deficiency. International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders, The Netherlands.
- Martínez, H; Castañeda, R; Lechuga, D; Ramos, R. 2002. *Gaceta médica de México*, 138(2), 149-156. ISSN 0016-3813
- May, S; May, W; Bourdoux, P; Pino, S; Sullivan, K; Maberly, G. 1997. Validation of a simple, manual urinary iodine method for estimating the prevalence of iodine-deficiency disorders, and interlaboratory comparison with other methods. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 65(5):1441–1445. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1093/ajcn/65.5.1441

- MINEDU (Ministerio de Educación del Perú). 2017. ESCALE (Estadísticas de la Calidad Educativa) – Matrícula según Grado EBR Inicial (en línea). Lima, Perú. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en http://escale.minedu.gob.pe/magnitudes-portlet/reporte/cuadro?anio=22&cuadro=384&forma=U&dpto=15&prov=1501&dist=150142&dre=&tipo_ambito=ambito-ubigeo
- MINSA (Ministerio de Salud, Perú). 1998. Eliminación virtual de la deficiencia de yodo en el Perú con un modelo sostenible. Lima, Perú. Registro N° 1501342000-4534.
- MINSA (Ministerio de Salud, Perú). 2003. Sostenibilidad de la yodación universal de la sal: procedimientos para la yodación de la sal (en línea). Lima, Perú. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en <http://bvs.minsa.gob.pe/local/minsa/1759.pdf>
- MINSA (Ministerio de Salud). 2014. Vigilancia de yodo en mujeres y gestantes entre 12 a 49 años. Perú; 2012-2013. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/cenan/van/vigilancia_poblacion/YODURIAS6.pdf
- Miranda, C; Calderón, M; Riega, V; Barboza, J; Rojas, C. 2004. Consumo de sal fortificada con yodo en niños de 12 a 35 meses de edad y mujeres en edad fértil en el Perú. . Rev. Peru. med. exp. salud pública. 21(2): 82-86. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342004000200005&lng=es&nrm=iso.
- Morreale, G. 2004. Yodo y embarazo. En: Yodo y salud en el siglo XXI. Amarilla, M. 1a ed. Madrid, España. European Pharmaceutical Law Group.
- Nepal, A. 2013. Household Salt Iodine Content Estimation with the use of Rapid Test Kits and Iodometric Titration Methods. Journal of clinical and diagnostic research. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.7860/jcdr/2013/5477.2969

- Oehlenschläger, J. 2012. Seafood: nutritional benefits and risk aspects. *Int J Vitam Nutr Res* 82:168–76. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <https://econtent.hogrefe.com/doi/pdf/10.1024/0300-9831/a000108>
- Ohashi, T; Yamaki, M; Pandav, C; Karmarkar, M; Irie, M. 2000. Simple microplate method for determination of urinary iodine. *Clinical chemistry*, 46(4):529-36.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1979. La lucha contra el bocio endémico. De Maeyer, E; Lowenstein, F; Thilly, C. Ginebra, Suiza. Reporte N° ISBN 92 4 356060 3.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1996. Recommended iodine levels in salt and guidelines for monitoring their adequacy and effectiveness. World Health Organization.
- OMS (Organización Mundial de la Salud); UNICEF (United Nations Children's Fund); ICCIDD (International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders). 2001. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. A guide for programme managers. Geneva, Switzerland.
- OMS (Organización Mundial de la Salud); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2017. Guía para la fortificación de alimentos con micronutrientes. Allen, L; De Benoist B; Dary, O; Hurrell, R. (eds). Zúrich, Suiza. ISBN 978-92-4-359401-9
- Pandav, C; Arora, N; Krishnan, A; Sankar, R; Pandav, S; Karmarkar, M. 2000. Validation of spot-testing kits to determine iodine content in salt. *Bulletin of the World Health Organization*, 78 (8):975-980

- Pearce, E; Pino, S; He, X; Bazrafshan, H; Lee, S; Braverman, L. 2004. Sources of Dietary Iodine: Bread, Cows' Milk, and Infant Formula in the Boston Area. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(7):3421–3424. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1210/jc.2003-032002
- Pretell, E; Delange, F; Hostalek, U; Corigliano, S; Barreda, L; Higa, A; Cordero, L. 2004. Iodine Nutrition Improves in Latin America. *Thyroid*, 14(8): 590-599. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1089/1050725041692909
- Pretell, E; Higa, A. 2008. Eliminación sostenida de los desórdenes por deficiencia de yodo en Perú: 25 años de experiencia. *Acta Médica Peruana*, 25(3):128-134.
- Ristic-Medic, D; Piskackova, Z; Hooper, L; Ruprich, J; Casgrain, A; Ashton, K; Pavlovic, M; Glibetic, M. Methods of assessment of iodine status in humans: a systematic review. *Am J Clin Nutr* 2009;89:2052–2069.
- Sánchez, H; Reyes, C. 2006. Metodología y diseños en investigación científica. Lima, Perú, Visión Universitaria.
- Sandell, E; Kolthoff, I. 1937. Micro determination of iodine by a catalytic method. *Mikrochimica Acta*, 1(1):9–25. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1007/bf01476194
- Semba, R; de Pee, S; Hess, S; Sun, K; Sari, M; Bloem, M. 2008. Child malnutrition and mortality among families not utilizing adequately iodized salt in Indonesia. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87(2):438-444. Consultado 12 jun 2019. DOI:10.1093/ajcn/87.2.438
- Sempere, E; Feliu, M; Hernández, R; Ajenjo, A. 2005. Prevalencia del hipotiroidismo tratado en la población adulta. *Atención Primaria*, 35(3):163–164. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1157/13071943

- Shan, Z; Chen, L; Lian, X; Liu, C; Shi, B; Shi, L; Teng, W. 2016. Iodine Status and Prevalence of Thyroid Disorders After Introduction of Mandatory Universal Salt Iodization for 16 Years in China: A Cross-Sectional Study in 10 Cities. *Thyroid*, 26(8):1125–1130. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1089/thy.2015.0613
- SIEN (Sistema de información del estado nutricional, Perú). 2016. CENAN (Centro Nacional de Alimentación y Nutrición) (en línea). Consultado 12 jun. 2019. Disponible en <http://www.portal.ins.gob.pe/es/cenan/cenan-c2/vigilancia-alimentaria-y-nutricional/sistema-de-informacion-del-estado-nutricional>
- Silverthorn, D. 2007. Control endocrino del crecimiento y del metabolismo. En: *Fisiología humana Un enfoque integrado 4ed.* Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2007:750–75
- Soriguer, F; Gutiérrez, C; Rubio, E; Linares, F; Cardona, I; López, J; García, E. 2011. Iodine intakes of 100–300 µg/d do not modify thyroid function and have modest anti-inflammatory effects. *British Journal of Nutrition*, 105(12):1783–1790. Consultado 12 jun. 2019. DOI:10.1017/s0007114510005568
- SPE (Sociedad Peruana de Endocrinología). 2017. Congreso ENDOPERU 2017. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <http://endocrinoperu.org/?q=node/497>
- Tarqui, C; Sánchez, J; Álvarez, D; Jordán, T; Fernández, I. 2015. Concentraciones de yodo en orina y en sal de consumo en mujeres entre 12 a 49 años del Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*. 32(2):252-8. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/1615/1797>
- Tarqui, C; Alvarez, D; Fernández, I. 2016. Yoduria y concentración de yodo en sal de consumo en escolares peruanos del nivel primario (en línea). *Rev Peru Med Exp Salud Pública*. 33 (4): 689-694. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en <http://www.rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/2552/2579>

- Valdivia, S; Robles, S; Ramirez, G. 2012. Vigilancia de la fortificación de la sal para consumo humano en el Perú, periodos 2009-2010. Bol-Inst Nac Salud. Consultado 12 jun. 2019. 18(5-6): 89-92. Disponible en: <http://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/INS/361/BOLETIN-2012-may-jun-89-92.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vermiglio, F; Sidoti, M; Finocchiaro, M; Battiato, S; Presti, V; Benvenga, S; Trimarchi, F. 1990. Defective Neuromotor and Cognitive Ability in Iodine-Deficient Schoolchildren of an Endemic Goiter Region in Sicily. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 70(2):379–384. DOI:10.1089/thy.2015.0613. DOI:10.1210/jcem-70-2-379
- Vermiglio, F; Lo Presti, V; Moleti, M; Sidoti, M; Tortorella, G; Scaffidi, G; Trimarchi, F. 2004. Attention Deficit and Hyperactivity Disorders in the Offspring of Mothers Exposed to Mild-Moderate Iodine Deficiency: A Possible Novel Iodine Deficiency Disorder in Developed Countries. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(12): 6054–6060. DOI:10.1089/thy.2015.0613. DOI:10.1210/jc.2004-0571
- Vought, R; London, W. 1967. Iodine Intake, Excretion and Thyroidal Accumulation in Healthy Subjects¹. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 27(7), 913–919. DOI:10.1089/thy.2015.0613. DOI:10.1210/jcem-27-7-913
- Zimmermann, M; Hess, S; Molinari, L. 2004. New reference values for thyroid volume by ultrasound in iodine-sufficient schoolchildren: a World Health Organization/Nutrition for Health and Development Iodine Deficiency Study Group Report. *Am J Clin Nutr*, 2004(79):231–237.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN NUTRICIÓN PÚBLICA

“INVESTIGACIÓN: NIVELES DE YODURIA Y CONCENTRACIÓN DE YODO EN SAL DE CONSUMO EN PREESCOLARES DE VILLA EL SALVADOR - LIMA”

Investigador: Giancarlo Bessombes

Propósito

El presente tema de investigación aborda las variables de yoduria (nivel de yodo en orina) y concentración de yodo en sal de consumo. Se considera de utilidad respecto a temas de identificación y prevención de Trastornos por Déficit de Yodo (TDY), los cuales generan cuadros clínicos que inciden en el desarrollo físico y cognitivo de los niños.

La aplicación y desarrollo del presente tema de investigación tendrá como procedimiento la recolección de datos (muestra de orina y muestra de sal) en escolares de 03 a 05 años de edad, pertenecientes a una Institución Educativa Inicial Particular.

Riesgos del Estudio

Este estudio NO representa ningún riesgo para su hijo(a), debida a que se emplearán métodos de recolección de muestras NO invasivos.

Beneficios del Estudio

Es importante señalar que con la participación de su menor hijo(a), contribuye a mejorar los conocimientos en el campo, de la Salud y la Nutrición.

Costos de la Participación

La participación en el estudio no tiene ningún costo para usted.

Confidencialidad

Toda la información obtenida en el estudio es completamente confidencial, solo el investigador conocerá la información. Se le asignará un número a cada uno de los participantes, y este número se usará para el análisis, presentación de resultados, publicaciones, etc.; de esta manera el nombre permanecerá en el anonimato.

Requisitos de Participación

Los posibles participantes deben ser niños pre-escolares de 03 a 05 años de edad pertenecientes a las instituciones educativas iniciales particulares. Si está de acuerdo con la participación de su hijo(a) en el estudio, le solicitamos firme este documento como prueba de su consentimiento, lo cual indicará la voluntariedad para este fin. Sin embargo, si usted no desea participar en el estudio por cualquier razón, puede dejar de firmar con total libertad, sin que esto represente alguna consecuencia negativa por hacerlo.

Declaración voluntaria

Habiendo sido informado (a) del objetivo del estudio, he conocido los riesgos, beneficios y la confidencialidad de la información obtenida. Entiendo que la participación en el estudio es gratuita. He sido informado (a), también, de la forma de cómo se realizará el estudio. Estoy enterado que puedo dejar de participar o no continuar en el estudio en el momento en que lo considere necesario, o por alguna razón específica, sin que esto represente que tenga que pagar, o alguna represalia de parte del equipo.

Nombre del Participante: _____

Firma:

fecha: / / 2018

ANEXO 2: HOJA DE REGISTRO DE DATOS – NIVEL DE YODURIA

HOJA DE REGISTRO DE DATOS

Fecha: __/__/__

Nombre: _____

Sexo: M () F ()

Nivel de yoduria - Prueba de Laboratorio

Yoduria (Rx Sandell – Kolthoff): _____ ug/L

**ANEXO 3: HOJA DE REGISTRO DE DATOS – CONCENTRACIÓN DE YODO
EN SAL DE CONSUMO**

HOJA DE REGISTRO DE DATOS

Fecha: __/__/__

Nombre: _____

Sexo: M () F ()

Concentración de yodo en sal- Prueba de Yoditest

Determinación por escala de coloración: _____ ppm

ANEXO 4: MEDIDAS DE RESUMEN DE LOS NIVELES DE YODURIA A NIVEL GLOBAL

Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	0.69
Valor p	0.070
Media	177.53
Desv.Est.	38.94
Varianza	1516.23
Asimetría	-0.030580
Curtosis	-0.509110
N	257
Mínimo	98.00
1er cuartil	150.00
Mediana	179.00
3er cuartil	204.50
Máximo	270.00
Intervalo de confianza de 95% para la media	
172.75	182.31
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
170.00	188.11
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
35.84	42.63

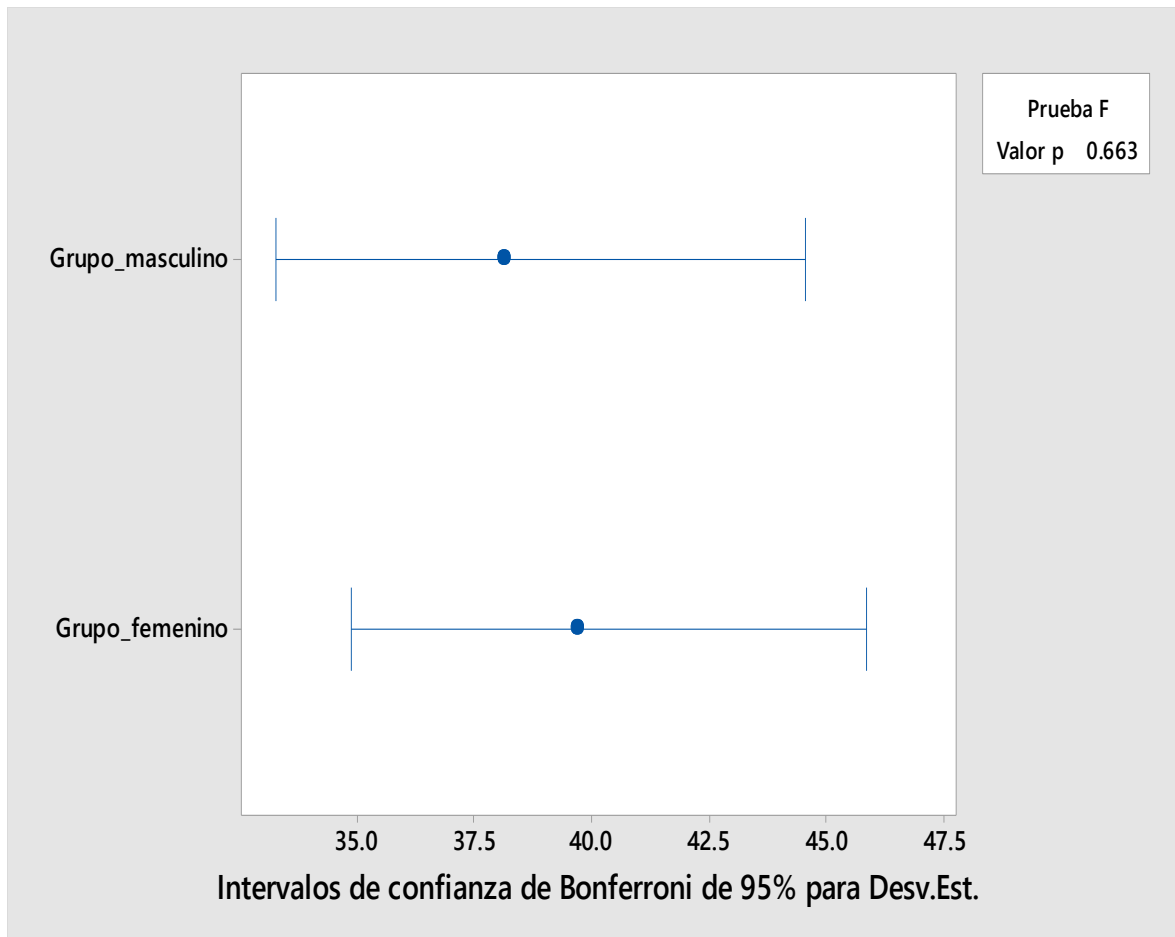
ANEXO 5: MEDIDAS DE RESUMEN DE LOS NIVELES DE YODURIA EN EL GRUPO MASCULINO

Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	0.39
Valor p	0.373
Media	175.49
Desv.Est.	38.15
Varianza	1455.34
Asimetría	0.004472
Curtosis	-0.564333
N	120
Mínimo	98.00
1er cuartil	145.00
Mediana	175.00
3er cuartil	201.75
Máximo	260.00
Intervalo de confianza de 95% para la media	
168.60	182.39
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
167.80	182.82
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
33.86	43.70

**ANEXO 6: MEDIDAS DE RESUMEN DE LOS NIVELES DE YODURIA EN EL
GRUPO FEMENINO**

Prueba de normalidad de Anderson-Darling	
A-cuadrado	0.58
Valor p	0.128
Media	179.31
Desv.Est.	39.67
Varianza	1573.79
Asimetría	-0.068695
Curtosis	-0.442051
N	137
Mínimo	99.00
1er cuartil	152.00
Mediana	180.00
3er cuartil	206.00
Máximo	270.00
Intervalo de confianza de 95% para la media	
172.61	186.02
Intervalo de confianza de 95% para la mediana	
170.00	194.00
Intervalo de confianza de 95% para la desviación estándar	
35.46	45.02

ANEXO 7: PRUEBA DE IGUALDAD DE VARIANZAS (F) ENTRE GRUPO EL GRUPO MASCULINO Y EL GRUPO FEMENINO



**ANEXO 8: PRUEBA T DE STUDENT RESPECTO A LOS NIVELES DE
YODURIA SEGÚN GÉNERO**

Prueba T e IC de dos muestras: Grupo_masculino; Grupo_femenino

T de dos muestras para Grupo_masculino vs. Grupo_femenino

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Grupo_masculino	120	175.5	38.1	3.5
Grupo_femenino	137	179.3	39.7	3.4

Diferencia = μ (Grupo_masculino) - μ (Grupo_femenino)

Estimación de la diferencia: -3.82

IC de 95% para la diferencia: (-13.42; 5.77)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. ≠): Valor T = -0.78 Valor p = 0.433 GL = 255

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 38.9681