

## PLAN NACIONAL SUBSECTORIAL DE VIGILANCIA Y CONTROL DE MERCURIO TOTAL EN ATÚN ENLATADO PARA EL PERÍODO 2018-2019

**Grupo del Sistema de Análisis de Riesgos Químicos en Alimentos y Bebidas**  
**Dirección de Alimentos y Bebidas**

**Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos - Invima**

**2018**

## Tabla de contenido

<b>Anexo 1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>3</b>
<b>Anexo 2. NORMATIVIDAD SANITARIA .....</b>	<b>5</b>
<b>Anexo 3. METODOLOGÍA DE MUESTREO .....</b>	<b>5</b>
<b>Población y marco muestral.....</b>	<b>6</b>
<b>Unidades de muestreo y muestra analítica .....</b>	<b>6</b>
<b>Diseño estadístico .....</b>	<b>6</b>
<b>Distribución de las muestras para marcas nacionales por departamento .....</b>	<b>8</b>
<b>Distribución de las muestras para marcas importadas.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Lugar y frecuencia de muestreo .....</b>	<b>13</b>
<b>Técnica analítica .....</b>	<b>13</b>
<b>Anexo 4. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Anexo 1. ANTECEDENTES

Durante los años 2015 y 2016, se desarrolló el Plan Nacional Subsectorial de Vigilancia y Control de mercurio total en atún enlatado en fase de comercialización, en donde se analizaron 240 muestras de atún enlatado, obteniendo 25 muestras con excedencias (10,4%) por superar el nivel máximo permitido para mercurio total (1 mg/kg) establecido en la resolución 148 de 2007.

Adicionalmente se analizaron 144 muestras de atún enlatado en los establecimientos productores de este producto en el país, donde ninguna de estas muestras superó el nivel máximo permitido por la legislación sanitaria vigente.

### a) Mercurio

El mercurio es un elemento que ocurre en la naturaleza que se puede encontrar tanto en el aire, el agua como en el suelo. Existe en una variedad de formas: mercurio elemental o metálico, compuestos inorgánicos de mercurio y compuestos orgánicos de mercurio. El mercurio elemental o metálico es un metal blanco plateado brillante y existe en forma líquida cuando está a la temperatura ambiente. Se utiliza en termómetros, bombillas fluorescentes, y algunos interruptores eléctricos. Cuando se deja caer, se convierte en gotitas más pequeñas que puede adentrarse a las pequeñas grietas o se puede adherir fuertemente a ciertos metales. En la temperatura ambiente, el mercurio que está expuesto puede evaporarse y puede producir vapores tóxicos invisibles e inoloros. Las personas se pueden exponer al vapor de mercurio cuando los productos que contienen mercurio se rompen y exponen el mercurio al aire, particularmente en espacios que no tienen buena ventilación<sup>1</sup>.

Los compuestos inorgánicos de mercurio se forman en sales de mercurio y generalmente se convierten en cristales de polvo blanco con la excepción del sulfuro de mercurio (cinabrio) que es rojo. En el pasado, los compuestos de mercurio inorgánico fueron incluidos en productos como fungicidas, antisépticos o desinfectantes. Algunas cremas blanqueadoras para la piel y las pecas, así como algunas medicinas tradicionales, pueden contener compuestos de mercurio.

Cuando el mercurio se combina con carbono se forman compuestos conocidos como compuestos “orgánicos” de mercurio u organomercuriales, el más conocido de todos es el metilmercurio que puede acumularse (bioacumulación y biomagnificación) en muchos peces de agua dulce y salada comestibles, así como en mamíferos marinos comestibles, en concentraciones miles de veces mayores que las de las aguas circundantes<sup>2</sup>.

### Exposición al mercurio

El mercurio es un elemento natural que se encuentra en el medio ambiente. Las actividades humanas, tales como la incineración del carbón y el uso del mercurio en la elaboración de ciertos productos, han incrementado la cantidad de mercurio presente en la atmósfera, los suelos, los lagos, riachuelos y océanos.

El mercurio en la atmósfera es eventualmente depositado en la superficie terrestre sea a través de la deposición seca o mojada (lluvia o nieve). Cuando el mercurio cae del aire o efluye de la tierra al agua, los microorganismos y sedimentos convierten una porción del mercurio en mercurio metílico, una forma altamente tóxica del mercurio.

Los organismos pequeños ingieren el mercurio a medida que se alimentan. Mientras los animales de mayor escala en la cadena alimenticia se alimentan de los organismos más pequeños, ellos también ingieren el mercurio metílico.

A medida que este proceso, conocido como la bioacumulación continúa, los niveles de mercurio aumentan a medida que avanza en la cadena alimenticia. Los peces que están en la parte superior de la cadena alimenticia, como los tiburones y los peces espada, tienen mayores concentraciones de mercurio que aquellos en la parte inferior de la cadena alimenticia. Esto ocurre en los peces tanto de

agua salada como de agua dulce. Las personas y los animales silvestres se exponen cuando se alimentan de los pescados y mariscos que contienen mercurio metílico<sup>3</sup>.

Otra exposición menos común al mercurio que también es preocupante ocurre al respirar el vapor del mercurio. Dichas exposiciones pueden ocurrir cuando el mercurio elemental o productos que contienen mercurio se rompen y lo exponen al aire, particularmente en lugares calurosos o espacios internos con pobre ventilación<sup>1</sup>.

### Efectos del mercurio en la salud humana

La exposición a Hg es de particular interés en poblaciones con alto consumo de pescado contaminado y en personas expuestas laboralmente. El consumo de pescado y mamíferos marinos contaminados es la causa más importante de exposición de los seres humanos al MeHg<sup>2</sup>.

Casi todas las personas tienen al menos ciertas cantidades mínimas de mercurio en sus tejidos lo cual refleja una contaminación ambiental difundida. Las personas pueden estar expuestas al mercurio en cualquiera de sus formas bajo situaciones diferentes. Los factores que determinan cuán severos son los efectos a la salud debido a la exposición al mercurio incluyen:

- La forma química del mercurio-elemental, compuestos inorgánicos o compuestos orgánicos
- La dosis - qué cantidad
- La duración de la exposición-por cuánto tiempo
- La ruta de la exposición-la inhalación, la ingestión, la inyección, el tacto
- Otras exposiciones químicas
- Las características específicas de la persona-su edad, su condición de salud<sup>4</sup>.

El MeHg es un agente neurotóxico, que puede provocar efectos adversos particularmente en el cerebro en formación. Además, este compuesto traspasa con facilidad la barrera placentaria y la barrera hematoencefálica, por eso es muy preocupante la exposición durante el embarazo. Así mismo, algunos estudios indican que incluso un pequeño aumento en la exposición a MeHg puede causar efectos perjudiciales en el sistema cardiovascular y un incremento en la tasa de mortalidad. El Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer – IARC considera que los compuestos de MeHg pueden ser carcinógenos para los seres humanos (grupo 2B).

En adultos, los efectos iniciales son síntomas no específicos, tales como parestesia, malestar y visión borrosa; con mayor exposición, aparecen signos como constricción concéntrica del campo visual, sordera, disartria, ataxia y, por último, coma y muerte<sup>2</sup>.

#### b) Atún

Entre los atunes (*Thunnini*) se incluyen las especies conocidas como “principales tipos de atunes destinados al mercado” (PTADM), por su importancia económica mundial y su intenso comercio internacional para la industria conservera y la preparación de sashimi (pescado crudo considerado como un manjar en el Japón y, cada vez más, en algunos otros países).

De hecho, la anatomía de algunas especies de túnidos parece estar concebida específicamente para facilitar su aprovechamiento en la industria conservera y para el fileteado. Los atunes se dividen en cuatro géneros (*Thunnus*, *Euthynnus*, *Katsuwonus*, *Auxis* y *Allothunnus*), que a su vez se subdividen en 15 especies.

Dentro del género *Thunnus*, las principales especies comerciales son el atún blanco (*T. alalunga*), el patudo (*T. obesus*), el atún rojo del Atlántico (*T. thynnus*), el atún aleta azul del Pacífico (*T. orientalis*), el atún rojo del sur (*T. maccoyii*) y el rabil (*T. albacares*). El listado (*Katsuwonus pelamis*) es la séptima de las principales especies comerciales de atún. Su sistema metabólico, increíblemente eficiente, cuenta con un aparato circulatorio que le

permite conservar o expulsar el calor según convenga para conseguir los mejores resultados biológicos y la mayor eficiencia posible. Se trata en todos los casos de especies oceánicas, capaces de largas migraciones o desplazamientos, que forman una o dos poblaciones en cada océano. Las excepciones son el atún rojo del Atlántico y el atún aleta azul del Pacífico, que no se encuentran únicamente en los océanos que les dan nombre. El atún aleta azul constituye una única población distribuida en los Océanos Atlántico, Índico y Pacífico.

Los atunes no incluidos entre las principales especies comerciales son más neríticos (viven en masas de agua situadas por encima de la plataforma continental). Entre ellos se encuentran el atún tongol, el atún aleta negra (*T. atlanticus*), el barrilete negro (*E. lineatus*), la bacoreta oriental (*E. affinis*), la bacoreta (*E. alleteratus*), la melvera (*A. rochei*) y la melva (*A. thazard*)<sup>5</sup>.

### Pesca de atún

El cultivo del atún comenzó en el decenio de 1990. Esta nueva actividad permitió pagar mejores precios a los pescadores y aumentó la demanda de tallas y especies específicas. A través del proceso de cría/engorde, los atunes relativamente pequeños capturados con las redes de cerco que solían venderse únicamente para conserva pueden emplearse ahora para el mercado del sashimi. Hasta ahora, la principal especie utilizada es el atún común, pero está comenzando también el cultivo del patudo y el rabil.

El cultivo del atún se está ampliando, y ahora se practica ya en Australia, Japón, México y varios países mediterráneos (en particular, Croacia, Italia, Malta, Marruecos, España y Turquía). Actualmente, en lo que respecta a las actividades de escala industrial, los atunes y especies afines se capturan sobre todo con redes de cerco, palangre y caña y línea en zonas muy amplias de los océanos. Otros artes utilizados son el curricán, las líneas de mano, las redes de deriva, las trampas y los arpones<sup>5</sup>.

## Anexo 2. NORMATIVIDAD SANITARIA

### Marco normativo de los Planes Nacionales Subsectoriales de Vigilancia y Control de Residuos en alimentos

La Resolución 770 de 2014 establece las directrices para la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de los Planes Nacionales Subsectoriales de Vigilancia y Control de Residuos en Alimentos<sup>6</sup>.

La Resolución 5296 de 2013 por la cual se crea la lista de establecimientos y/o predios con hallazgos de excesos de residuos o contaminantes en los productos alimenticios destinados al consumo humano<sup>7</sup>.

### Marco normativo de mercurio para productos de la pesca

En Colombia existe la Resolución 148 de 2007, Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos que debe cumplir el atún en conserva y las preparaciones de atún que se fabriquen, importen o exporten para el consumo humano.

El límite máximo que se establece para el mercurio en atún es de 1.0 mg/kg<sup>8</sup>.

## Anexo 3. METODOLOGÍA DE MUESTREO

### Insumos para el diseño del plan de muestreo

Para el plan de muestreo se tuvo en cuenta la siguiente información:

- Resultados de plan nacional de vigilancia y control de mercurio total en atún enlatado en fase de comercialización 2015-2016.
- Datos de volumen de producción según estudio de Nielsen Retail año 2016.
- Proyección del censo poblacional año 2018 y proporción número de habitantes por municipio, de acuerdo al reporte del DANE<sup>9</sup>.
- Número de ingresos de importaciones de atún para el año 2016 según la base de datos de importaciones y exportaciones Invima.
- Listado de distribuidores mayoristas, almacenes de cadena y supermercados de los municipios seleccionados.

## Universo

Atún enlatado procesado en el país y que está en proceso de comercialización en distribuidores mayoristas, grandes superficies, supermercados. Atún enlatado importado que ingresa por los puertos del país.

## Población y marco muestral

La población objetivo es el atún procesado e importado que es comercializado en Colombia a través de distribuidores mayoristas, grandes superficies y supermercados.

## Unidades de muestreo

Las unidades de muestreo que se tendrán en cuenta para este plan son los establecimientos que comercializan atún enlatado procesado en el país (distribuidores mayoristas, grandes superficies, supermercados). En el caso de atún importado, la unidad de muestreo son los puertos de ingreso del producto al país.

## Marco Muestral

En este caso no se cuenta con un marco muestral nacional de los establecimientos que realizan la comercialización de atún enlatado. En una primera etapa se seleccionan municipios y en la segunda etapa para los municipios seleccionados se solicita a las Entidades Territoriales de salud el listado de establecimientos que realizan comercialización del producto.

Para atún importado se seleccionan los puertos por donde ingresa una mayor cantidad de este producto al país.

## Diseño estadístico

El diseño estadístico de este plan, es un muestreo no probabilístico debido a que no se cuenta con un marco muestral completo. La selección de las muestras se realizará de manera aleatoria. Se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en el plan de muestreo realizado durante el período 2015-2016 y el volumen de producción de atún en Colombia para el año 2016 (Tabla 1).

Para determinar el número de muestras se calculó un tamaño de muestra para proporciones en un diseño estratificado donde cada estrato representa a cada una de los establecimientos productores de atún en Colombia. Para este cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{(\sum_{h=1}^L W_h \sqrt{P_h(1-P_h)})^2 N}{N \text{Var}(P_{est}) + \sum_{h=1}^L W_h P_h(1-P_h)}$$

Donde

$$Var(P_{est}) = \frac{E^2}{Z^2}$$

$E$ : Error máximo esperado.

$Z$ : Cuantil de la distribución normal estándar según el nivel de confianza que se espera.

$W_h$ : Proporción del volumen de producción en Colombia para el año 2016 en el estrato  $h$ -ésimo.

$P_h$ : Proporción de excedencias de mercurio en el estrato  $h$ -ésimo según estudio de 2016.

$N$ : Producción total de atún.

**Tabla 1.** Cálculos del tamaño de muestra

Estratos (Atuneras nacionales e Importado)	Producción de atún 2016 (Toneladas)*	$W_h^{**}$	$P_h^{***}$
Seatech Inc.	9604.938	43%	29.50%
Gralco S.A.	4623.495	21%	8.00%
Atunec S.A.	536.922	2%	42.90%
Importado	7725.711	34%	0%

\* Fuente: Nielsen Retail año 2016

\*\* Porcentaje de producción de atún 2016 calculado según fuente Nielsen

\*\*\* Porcentaje de muestras con excedencia de mercurio en atún obtenidos en el plan de vigilancia y control 2015-2016

Realizando los cálculos en la Tabla 1, un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 3% el tamaño de muestra es de 288. Estimando un 10% para aquellas muestras que por alguna situación se pueden perder (ejemplo: visitas fallidas debido a que el establecimiento está con medidas sanitarias aplicadas, que se dañe la muestra en el transporte, que no se encuentre la muestra en el establecimiento asignado, entre otros), por lo tanto, se obtiene un total de 318 muestras.

### Afijación de las muestras

Para la afijación de la muestra en el diseño estratificado se utilizó la afijación por potencia (Bautista, 1998), la cual permite disminuir el impacto de una afijación de muestra en estratos con volumen de producción alta. El cálculo consiste en la siguiente fórmula:

$$n_h = n \frac{a_h^\alpha}{\sum_{h=1}^L a_h^\alpha}$$

Donde:

$$a_h = W_h \sqrt{P_h(1 - P_h)}$$

$W_h$ : Proporción del volumen de producción en Colombia para el año 2016 en el estrato  $h$ -ésimo.

$P_h$ : Proporción de excedencias de mercurio en el  $h$ -ésimo estrato según estudio de 2015-2016.

$\alpha$ : Es la potencia de la afijación. (Este nivel va de  $0 \leq \alpha \leq 1$ )<sup>10</sup>.

$n$ : Es el tamaño de la muestra calculado en el paso anterior.

Para nuestro estudio se utilizó un  $\alpha=0.5$ . Los cálculos, para la afijación son los siguientes:

**Tabla 2.** Cálculo de la afijación de la muestra por potencia para el plan de mercurio total en atún enlatado 2018-2019.

Estratos (Atuneras nacionales e Importado)	Producción de atún 2016 (Toneladas)*	$W_h$	$P_h$	$a_h$	$n_h$
Seatech Inc.	9604.938	43%	29.50%	0.4413113	<b>145</b>
Gralco S.A.	4623.495	21%	8.00%	0.23615635	<b>78</b>
Atunec S.A.	536.922	2%	42.90%	0.10869859	<b>35</b>
Importado	7725.711	34%	<b>1%</b>	0.1848728	<b>60</b>

Nótese en la tabla anterior que la proporción de excedencias marcada de color rojo, son aquellas en las cuales, no se tiene un valor conocido o no se obtuvo excedencias en estudios anteriores. Teniendo en cuenta esta situación se opta por tomar la excedencia de un 1%.

El número de muestras para atún importado (60 muestras) se distribuyen teniendo en cuenta el número de ingresos en cada puerto.

A continuación se describe la distribución de las muestras para cada uno de los establecimientos de producción de atún nacional.

#### Distribución de las muestras para marcas nacionales por departamento

Para la distribución de las muestras se tuvo en cuenta la proyección del censo poblacional año 2018 y la proporción de número de habitantes por municipio, de acuerdo al reporte del DANE.<sup>1</sup>

Inicialmente se estratificaron los departamentos en tres estratos, teniendo los siguientes límites de población:

**Tabla 3.** Límites de cada uno de los estratos

Estratos	Límites de población	Número de departamentos	Población (No. habitantes) promedio estimada año 2018
<b>Estrato 1</b>	< 726033,5	12	252497.6
<b>Estrato 2</b>	726033,5 – 1604227,0	12	1163847.9
<b>Estrato 3</b>	> 1604227,0	9	3648677.1

Para la estratificación se empleó el algoritmo de Lavalley-Hidiroglou, utilizando la librería stratification<sup>10</sup> del programa R<sup>11</sup>, definiendo tres estratos con un coeficiente de variación del 0,026, utilizando como información auxiliar la población en cada departamento.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**4 contiene los departamentos clasificados en los estratos teniendo en cuenta los límites anteriores.

<sup>1</sup> La información fue tomada en la página web del DANE en el siguiente link:

[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06\\_20/Municipal\\_area\\_1985-2020.xls](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Municipal_area_1985-2020.xls). Recuperado 12 de febrero de 2018.



**Tabla 4.** Distribución de la población de los departamentos en los diferentes estratos.

Departamento	Población (No. habitantes) estimada año 2018	Estrato
Guainía	43446	1
Vaupés	44928	1
Vichada	77276	1
Archipiélago de San Andrés	78413	1
Amazonas	78830	1
Guaviare	115829	1
Arauca	270708	1
Putumayo	358896	1
Casanare	375249	1
Caquetá	496241	1
Chocó	515145	1
Quindío	575010	1
Sucre	877057	2
Risaralda	967767	2
Caldas	993866	2
Meta	1016701	2
La Guajira	1040157	2
Cesar	1065673	2
Huila	1197081	2
Boyacá	1282063	2
Magdalena	1298691	2
Norte de Santander	1391239	2
Cauca	1415933	2
Tolima	1419947	2
Córdoba	1788507	3
Nariño	1809116	3
Santander	2090839	3
Bolívar	2171280	3
Atlántico	2545924	3
Cundinamarca	2804238	3
Valle del Cauca	4756113	3
Antioquia	6691030	3
Bogotá, D.C.	8181047	3

Nótese que los estratos en el estrato 1 son los departamentos con menor población, mientras que los departamentos de estrato 3 son los departamentos con mayor población.

Ahora, se calcula cuál es el número de departamentos que se tendrán en cuenta para este plan. Para el cálculo del tamaño de la muestra se utiliza la metodología de Kozak<sup>12</sup> quien se basa en el algoritmo de Lavallee-Hidiroglou cuya fórmula es la siguiente:

$$n = NW_L + \frac{\sum_{h=1}^{L-1} W_h^2 S_{y_h}^2 / a_h}{\text{Var}(\bar{y}_{est}) + \sum_{h=1}^{L-1} W_h S_{y_h}^2 / N}$$

Donde  $a_h$  es la afijación de Neyman, para los  $L - 1$  estratos, definida por

$$a_h = \frac{W_h S_{y_h}}{\sum_{k=1}^{L-1} W_k S_{y_k}}$$

$$\text{Var}(\bar{y}_{est}) = \bar{Y}^2 c^2$$

$\bar{Y}$ : Población promedio de las personas en la proyección del Censo 2018.

$c$ : Coeficiente de variación especificado.

$W_h$ : es el porcentaje de departamentos en cada estrato.

$S_{y_h}$ : Desviación Estándar de la población promedio de personas en el estrato  $h$ -ésimo.

$N$ : Número de departamentos.

**Tabla 5.** Cálculos del número de departamentos seleccionados

Estratos	$N$	$S_h$	$W_h$	$\bar{y}_h$	$n_h$
Estrato 1	12	194885.3	0,46	252497,6	4
Estrato 2	12	184906	0,19	1163847,9	4
Estrato 3	9	2221301	0,35	3648677,1	9
Total general	<b>33</b>			1510128	

Realizando los cálculos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.5**, y con un coeficiente de variación de 0,019 se deben escoger 17 departamentos.

Para determinar cuáles departamentos se debe seleccionar se realiza la afijación de Neyman mediante la siguiente fórmula<sup>1</sup>:

$$n_h = \frac{W_h S_{y_h}}{\sum_{h=1}^L W_h S_{y_h}}$$

Para la selección de los departamentos bajo un diseño probabilístico proporcional al tamaño sin reemplazo ( $\pi$ PT) en cada uno de los estratos se utiliza el algoritmo de selección Sunter el cuál es el más apropiado y utiliza los siguientes pasos<sup>13</sup>.

1. Calcular los valores  $\pi_k = nx_k/t_x$ , donde  $n$  es la muestra de elementos a escoger,  $x_k$  es el valor de la variable auxiliar en la  $k$ -ésimo elemento y  $t_x = \sum x_k$ .
2. Ordenar descendientemente la población de acuerdo con los valores que toma la característica de información auxiliar  $x_k$ .
3. Generar un valor aleatorio  $U_k \sim U(0,1)$ .
4. Para  $k = 1$ , el primer elemento de la lista ordenada es incluido en la muestra sí y solamente sí  $U_1 < \pi_1$ .
5. Para  $k \geq 2$ , el  $k$ -ésimo elemento de la lista ordenada es incluido en la muestra sí y solamente si

$$U_k \leq \frac{n - n_{k-1}}{n - \sum_{i=1}^{k-1} \pi_i} \pi_k$$

Donde  $n_{k-1}$  representa el número de elementos que ya han sido seleccionados al final del paso  $k - 1$ .

Aplicando el algoritmo anterior, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se tienen los departamentos seleccionados, los cuales representan el 78% de toda la población.

**Tabla 6.** Distribución de los departamentos seleccionados para el muestreo

Departamento	Población	Estrato	Porcentaje	Seatech Inc.	Gralco S.A.	Atunec S.A.
Arauca	270708	1	1%	1	1	0
Caquetá	496241	1	1%	2	1	0
Chocó	515145	1	1%	2	1	0
Quindío	575010	1	1%	2	1	1
Sucre	877057	2	2%	3	2	1
Meta	1016701	2	3%	4	2	1
Huila	1197081	2	3%	4	2	1
Magdalena	1298691	2	3%	5	3	1
Córdoba	1788507	3	5%	7	4	2
Nariño	1809116	3	5%	7	4	2
Santander	2090839	3	5%	8	4	2
Bolívar	2171280	3	6%	8	4	2
Atlántico	2545924	3	7%	9	5	2
Cundinamarca	2804238	3	7%	10	6	3
Valle del cauca	4756113	3	12%	18	9	4
Antioquia	6691030	3	17%	25	13	6
Bogotá, D.C.	8181047	3	21%	30	16	7
<b>Total</b>	<b>39084728</b>			<b>145</b>	<b>78</b>	<b>35</b>

La afijación de las muestras en cada departamento se hace de forma proporcional a la población de cada departamento, según la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

### **Selección de los municipios en cada departamento**

Se tienen en cuenta aquellos municipios que se encuentren a no más de 75 km de la oficina del Grupo de Trabajo Territorial del Invima por cuestiones de logística. Si un municipio no tiene una oficina del Grupo de Trabajo Territorial del Invima a menos de 75 km, se tienen en cuenta los municipios que están especificados en el Censo de establecimiento del Instituto donde se asegura que se han realizado visitas anteriormente en alguno de estos municipios. El total de municipios para distribuir las muestras son 222.

La selección de municipios se hace de forma aleatoria, dentro de los departamentos en la sección anterior.

Realizando lo anterior se seleccionan únicamente 43 municipios los cuales se distribuyen en la siguiente tabla.

**Tabla 7.** Distribución de los municipios seleccionados para el muestreo

Departamento	Municipio	Seatech Inc.	Gralco S.A.	Atunec S.A.	Total
Antioquia	Medellín	16	7	4	27
	Envigado	3	1		4
	Bello	2	2	1	5
	Apartadó	1	1		2
	Itagüí		2	1	3
	Rionegro	1			1
	Marinilla	2			2
Arauca	Arauca	1	1		2
Atlántico	Barranquilla	7	5	1	13
	Soledad	2		1	3
Bogotá, D.C.	Bogotá, D.C.	30	16	7	53
Bolívar	Cartagena	8	4	2	14
Caquetá	Florencia	2	1		3
Chocó	Quibdó	2	1		3
Córdoba	Montería	7	4	2	13
Cundinamarca	Mosquera	3			3
	Soacha	3	1	1	5
	Chía	2	3		5
	Madrid	1			1
	Zipaquirá	1	1	1	3
	Fusagasugá		1	1	2
Huila	Neiva	3	2	1	6
	Pitalito	1			1
Magdalena	Ciénaga	2	1		3
	Santa Marta	3	2	1	6
Meta	Villavicencio	4	2	1	7
Nariño	Pasto	6	4	2	12
	Ipiales	1			1
Quindío	Armenia	2	1	1	4
Santander	Girón	4		1	5
	Floridablanca	2	2		4
	Bucaramanga	2		1	3
	El Playón		1		1
	Rionegro		1		1
Sucre	Sincelejo	1	1	1	3
	San Marcos	1			1
	San Onofre	1			1
	San Pedro		1		1
Valle Del Cauca	Cali	11	6	3	20
	Palmira	4	1		5

Departamento	Municipio	Seatech Inc.	Gralco S.A.	Atunec S.A.	Total
	Cartago	2	1	1	4
	Buenaventura	1			1
	Tuluá		1		1
<b>Total De Muestra</b>		<b>145</b>	<b>78</b>	<b>35</b>	<b>258</b>

Dentro de cada municipio, se seleccionaron los establecimientos de forma aleatoria, teniendo en cuenta el número de muestras de cada atunera.

### Distribución de las muestras para marcas importadas

Para distribuir las 60 muestras de atún para marcas importadas, se distribuyen por el número de ingresos de alimentos importados de atún para el año 2016 según la base de datos de información y exportación del Invima. En total se obtuvieron 22 ingresos los cuales se distribuyeron entre el terminal marítimo de Barranquilla y el paso fronterizo de Rumichaca. Distribuyendo las muestras por el número de ingresos de forma proporcional se obtiene lo siguiente:

**Tabla 8.** Distribución de las muestras de atún para marcas importadas según número de ingresos en el año 2016

Puerto de ingreso	Número de ingresos	$W_h$	$n_h$
Paso fronterizo Rumichaca	35	64%	38
Terminal marítimo de Barranquilla	2	4%	2
Terminal marítimo de Buenaventura	18	33%	20
Total general	55		60

### Lugar y frecuencia de muestreo

Las muestras correspondientes a producto nacional serán tomadas en comercialización y las muestras de producto importado serán tomadas en puertos, aeropuertos y pasos de frontera. En ambos casos el muestreo será realizado por funcionarios del **Invima** dentro de su jurisdicción.

El plan de muestreo tendrá un plazo de ejecución de doce (12) meses, comprendidos entre los meses de Julio del año 2018 a Junio del año 2019.

### Muestra analítica

Una muestra está conformada por seis unidades (6 latas de atún) del mismo lote del tamaño grande (entre 140 g y 185 g aprox.), de las cuales tres unidades son para el análisis en el laboratorio oficial, y las otras tres como contramuestra oficial debidamente sellada y rotulada que quedará en poder del Laboratorio encargado del análisis, las cuales serán analizadas por el Laboratorio como criterio para definir un resultado rechazado.

### Técnica analítica

La técnica analítica utilizada en el laboratorio del **Invima** para la detección de mercurio total en atún enlatado es DMA (Analizador Directo de Mercurio).

El límite de detección es de 0,002 (mg/kg) y el límite de cuantificación es de 0,006 (mg/kg).

## Anexo 4. BIBLIOGRAFÍA

- 1 EPA – Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Información básica sobre el mercurio. <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-el-mercurio>. Revisado el 27 de noviembre de 2017.
- 2 PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2005. Evaluación mundial sobre el mercurio. <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11702/final-assessment-report-Nov05-Spanish.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Revisado el 27 de noviembre de 2017.
- 3 ELIKA – Fundación Vasca para la Seguridad Alimentaria, 2005. Mercurio en pescado. [http://www.elika.net/datos/riesgos/Archivo\\_EN6/Mercurio%20en%20pescado%202005.pdf](http://www.elika.net/datos/riesgos/Archivo_EN6/Mercurio%20en%20pescado%202005.pdf). Revisado el 27 de noviembre de 2017.
- 4 EPA – Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Efectos en la salud por exposición al mercurio. <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-en-la-salud-por-la-exposicion-al-mercurio>. Revisado el 27 de noviembre de 2017.
- 5 FAO, 2005. Examen de la situación de los recursos pesqueros marinos mundiales. <http://www.fao.org/docrep/009/y5852s/Y5852S09.htm>. Revisado el 27 de noviembre de 2017.
- 6 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, 2014. Resolución 770, por la cual se establecen las directrices para la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de los Planes Nacionales Subsectoriales de Vigilancia y Control de Residuos en Alimentos y se dictan otras disposiciones. [http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img\\_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/resolucion-770-de-2014.pdf](http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/resolucion-770-de-2014.pdf). Revisado el 27 de noviembre de 2017.
- 7 MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, 2013. Resolución 5296, por la cual se crea la lista de establecimientos y/o predios con hallazgos de excesos de residuos o contaminantes en los productos alimenticios destinados al consumo humano y se dictan otras disposiciones. [http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img\\_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/resolucion-5296-de-2013.pdf](http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/resolucion-5296-de-2013.pdf). Revisado el 27 de noviembre de 2017.
- 8 MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, 2007. Resolución 148, por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos que debe cumplir el atún en conserva y las preparaciones de atún que se fabriquen, importen o exporten para el consumo humano. [https://www.invima.gov.co/images/stories/resoluciones/resolucion\\_0148\\_ene2007.pdf](https://www.invima.gov.co/images/stories/resoluciones/resolucion_0148_ene2007.pdf). Revisado el 27 de noviembre de 2017.
- 9 DANE. Estimación y proyección nacional, departamental y municipal total por área 1985-2020. <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>. Revisado el 27 de noviembre de 2017.
- 10 Rivest LP, Baillargeon S., 2017. Stratification: Univariate Stratification of Survey Populations. R package version 2.2-6.
- 11 R Core Team. R Foundation for Statistical Computing. [Online]. Vienna, Austria; 2017 [cited 2017 6 15 [R Foundation for Statistical Computing]. Available from: <https://www.R-project.org/>.
- 12 Kozak M. Optimal stratification using random search method in agricultural surveys. Statistics in Transition. 2004 May; 6(5).
- 13 Gutierrez HA. Estrategias de muestreo. Diseño de encuestas y Estimación de parámetros. Segunda ed. Bogotá: Ediciones de la U; 2016.