



La salud
es de todos

Minsalud

INFORME DE RESULTADOS
PLAN NACIONAL SUBSECTORIAL DE VIGILANCIA Y CONTROL DE RESIDUOS
DE PLAGUICIDAS Y METALES EN ARROZ PARA CONSUMO HUMANO
PERIODO 2017-2018



DIRECCION DE ALIMENTOS Y BEBIDAS
SISTEMA DE ANALISIS DE RIESGOS QUIMICOS EN ALIMENTOS Y BEBIDAS



Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS	3
3. ANTECEDENTES.....	4
4. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS ANALITOS	5
5. ANALITOS A MONITOREAR.....	5
6. METODOLOGIA DE MUESTREO OFICIAL	7
7. METODO ANALITICO.....	19
8. RESULTADOS	20
9. GESTION DEL RIESGO	26
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
11. BIBLIOGRAFIA.....	28



1 INTRODUCCIÓN

Los alimentos pueden ser fuente de tóxicos, intrínsecos o contaminantes. En la mayoría de los casos, los alimentos actúan como vehículos de sustancias que pueden afectar la salud de los consumidores (Toxicas), que a menudo son contaminantes presentes en el medio ambiente o resultado de los procesos de elaboración de los mencionados alimentos.

El consumo de alimentos es la principal vía de exposición a tóxicos y/o contaminantes para todas aquellas personas que no están expuestas a los mismos como consecuencia de su actividad laboral. La importancia de dicha vía depende de la cantidad total de toxico ingerido y de la proporción del mismo disponible para el organismo, a esta última se le da el nombre de Biodisponibilidad, que depende de la fuente dietética de procedencia y del proceso de elaboración aplicado al alimento.

Para determinar cuál es el grado de exposición de una población humana a una sustancia toxica específica, es necesario el monitoreo de residuos en los alimentos y así poder determinar el grado de impregnación y las posibles consecuencias toxicológicas a largo plazo. El control rutinario de residuos debe realizarse tanto para aquellas moléculas de nueva síntesis que surgen como alternativas a los productos fitosanitarios menos eficaces o más contaminantes, como para estos últimos así se haya determinado su restricción o prohibición.

Para el caso de metales pesados tales como, Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Arsénico (As), la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) quien es la agencia especializada contra el cáncer de la Organización Mundial de la Salud, ha clasificado los mencionados metales en los siguientes grupos: Cadmio y sus compuestos = Grupo I, Arsénico y sus compuestos inorgánicos= Grupo I, Plomo= Grupo 2B, derivados inorgánicos de plomo= Grupo 2 A, en donde las sustancias del Grupo I son consideradas como cancerígenos para los seres humanos, las sustancias del Grupo 2 A, se consideran, probablemente cancerígenos para los seres humanos y para el grupo 2B se consideran posiblemente cancerígenos para los seres humanos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar y cuantificar los residuos de plaguicidas y contaminantes químicos presentes en las muestras tomadas en el marco del Plan Nacional Subsectorial de Vigilancia y Control de Residuos de Plaguicidas y Metales, en arroz para consumo humano de producción nacional e importado correspondiente al periodo 2017-2018.



2.2 Objetivos Específicos

- a) Determinar y cuantificar los residuos presentes de plaguicidas y metales en las muestras de arroz para consumo humano, para su posterior análisis y gestión.
- b) Evaluar los resultados obtenidos frente a la normatividad sanitaria colombiana vigente o en su defecto a los parámetros del referente internacional en inocuidad de alimentos (Codex Alimentarius).
- c) Disponer de la información obtenida para retroalimentar el sistema de análisis de riesgos nacional en el uso de plaguicidas y presencia de contaminantes químicos en los alimentos y en el país.
- d) Realizar la gestión y comunicación de riesgo pertinente de acuerdo con las funciones del Invima, incluyendo la socialización de los resultados a las instituciones nacionales que correspondan de acuerdo con sus competencias.

3 ANTECEDENTES

Considerando que el **Invima**, fue creado por la Ley 100 de 1993 con el objeto de ejecutar las políticas en materia de vigilancia sanitaria y de control de calidad de: medicamentos, productos biológicos, alimentos, bebidas, cosméticos, dispositivos y elementos medico quirúrgicos, odontológicos, productos naturales homeopáticos, los generados por biotecnología, reactivos de diagnóstico y otros que puedan tener impacto sobre la salud individual y colectiva.

Que en cuanto al tema de alimentos, la Política de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad de Alimentos aprobada en el documento CONPES 3375 de 2005, designó al **Invima**, como la autoridad nacional de Inocuidad de alimentos y la Ley 1122 de 2007 que materializó algunos lineamientos de la política, le asignó la competencia exclusiva de la Inspección, Vigilancia y Control (IVC) de la producción y procesamiento de alimentos, de las plantas de beneficio de animales, de los centros de acopio de leche y de las plantas de procesamiento de leche y sus derivados, el transporte asociado a estas actividades, así como de las actividades de Inspección, vigilancia y control de la inocuidad en la importación y exportación de alimentos y materias primas para la producción de los mismos, en puertos, aeropuertos y pasos fronterizos.

Por otra parte, según los lineamientos de la política MSF (Medidas Sanitarias y Fitosanitarias) la Dirección de Alimentos y Bebidas del **Invima**, tiene a su cargo el diseño y ejecución de los planes de residuos y control de patógenos en alimentos de origen animal y vegetal y finalmente apoya al INS en el desarrollo de acciones para la operación del Sistema de Vigilancia en Salud Pública – SIVIGILA, en relación con la vigilancia y control de ETA, en el ámbito de sus competencias.

Por tales motivos el Instituto, desde el año 2010 ha venido realizando de manera independiente y con recursos propios la formulación, ejecución y evaluación de programas de monitoreo de residuos de plaguicidas y contaminantes químicos, en diferentes productos hortofrutícolas.



Una vez entrada en vigencia la normativa sanitaria específica tales como la Resolución 770 de 2013, 4506 de 2013, 2906 de 2007 entre otras, se inicia un trabajo coordinado con el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA de acuerdo con sus competencias, en el apoyo para la priorización de los productos hortofrutícolas, plaguicidas y metales a monitorear, así como la toma de muestras en puertos, aeropuertos y pasos de frontera-PAPF y en la gestión del riesgo correspondiente.

4 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS ANALITOS.

- a. Sustento normativo sanitario nacional y/o parámetros del Codex Alimentarius.
- b. Importancia del alimento de origen vegetal (arroz blanco) según consumo teniendo en cuenta la información de la ENSIN 2005 (Encuesta Nacional de la Situación Nutricional).
- c. Resultados de los Planes Nacionales Subsectoriales de Vigilancia y Control de Residuos de Plaguicidas y Contaminantes Químicos en Productos Hortofrutícolas realizados en vigencias anteriores.
- d. Importancia en salud pública de los residuos de plaguicidas y metales pesados a monitorear
- e. Plaguicidas con diferentes objetos de control tales como: Acaricidas, Nematicidas, Insecticidas, Fungicidas, Herbicidas, etc.
- f. Plaguicidas de diferente clasificación química tales como: Organofosforados, Piretroides, Organoclorados, Ditiocarbamatos, etc.
- g. Trazabilidad de las diferentes muestras de arroz ya sea nacional o importado.
- h. Capacidad analítica del Laboratorio Físicoquímico de Alimentos y Bebidas del **Invima**.
- i. Datos estadísticos oficiales del país.

5 ANALITOS A MONITOREAR.

Los analitos considerados a ser analizados en la totalidad de las muestras tomadas en el desarrollo del presente plan, se encuentran relacionados en los siguientes dos grandes grupos a saber:

- **Residuos de plaguicidas**, se monitorearon 53 moléculas diferentes de plaguicidas de acuerdo con el multiresiduos establecido por el Laboratorio Físicoquímico de Alimentos del **Invima**. (Ver Tabla No. 1)
- **Contaminantes**, se incluye el monitoreo los metales pesados de importancia en salud pública tales como: Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Arsénico (As), de acuerdo con la metodología del Laboratorio Físicoquímico de Alimentos del **Invima**.

Tabla 1. Relación de plaguicidas según tipo y grupo a monitorear.

NOMBRE	Clasificación (Tipo)	Grupo
Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos - Invima Oficina Principal: Cra 10 N° 64 - 28 - Bogotá Administrativo: Cra 10 N° 64 - 60 (1) 2948700 www.invima.gov.co		



2,4DDE	Insecticida	Organoclorado
Acefato	Insecticida	Organofosforado
Aldrin	Insecticida	Organoclorado
Alfa-endosulfan	Insecticida - Acaricida	Organoclorado
Ametrina	Herbicida	Triazina
Atrazina	Herbicida	Triazina
Azinfos-metil	Insecticida - Acaricida	Organofosforado
Beta-endosulfan	Insecticida - Acaricida	Organoclorado
Bifentrina	Insecticida - Acaricida	Piretroide
Bitertanol	Fungicida	Triazol
Carbofurano	Insecticida - Acaricida - Nematicida	Carbamato
Cianazina(Fortrol)	Herbicida	Triazina
Cipermetrina	Insecticida	Piretroide
Clorantranilprole	Insecticida	Diamida antranilica
Clorfenvinfos	Insecticida - Acaricida	Organofosforado
Clorpirifos	Insecticida	Organofosforado
Deltametrina	Insecticida	Piretroide
Diazinon	Insecticida - Acaricida	Organofosforado
Diclorvos	Insecticida - Acaricida	Organofosforado
Dieldrin	Insecticida	Organoclorado
Difenconazol	Fungicida	Triazol
Dimetoato	Insecticida - Acaricida	Organofosforado
Dimetomorf(E)	Fungicida	Morfolina
Etion	Insecticida - Acaricida	Organofosforado
Etoprofos	Insecticida - Nematicida	Organofosforado
Fenarimol	Fungicida	Pirimidina
Fenitrothion	Insecticida	Organofosforado
Fenvarelato	Insecticida - Acaricida	Piretroide
Fostiazate	Insecticida - Nematicida	Organofosforado
Furametpir	Fungicida	Pirazol
Hexaclorobenceno	Fungicida - Biocida	Organoclorado
Imidacloprid	Insecticida	Neonicotinoide
Indoxacarb	Insecticida	Oxdiazina
Kresoxim – metil	Fungicida	Estrobilurina
Linuron	Herbicida	Urea - derivado
Malation	Insecticida - acaricida	Organofosforado
Metamidofos	Insecticida - acaricida	Organofosforado



Methomil	Insecticida - acaricida	Carbamato
Metiocarb	Insecticida	Carbamato
Metoxiclor	Insecticida	Organoclorado
Novaluron	Insecticida	Benzoil - Urea
Oxicarboxin	Fungicida	Oxathiin
Permetrina	Insecticida	Piretroide
Piriproxifen	Insecticida	No Clasificado
Procimidona	Fungicida	Dicarboximida
Procloraz	Fungicida	Imidazol
Propiconazol	Fungicida	Triazol
Simetrina	Herbicida	Triazina
Tetradifon	Insecticida - Acaricida	Bridged diphenyl - Organoclorado
Triadimefon	Fungicida	Triazol
Triazofos	Insecticida - Acaricida	Organofosforado
Tribufos	Herbicida	Organofosforado
Tricloronato	Insecticida	Organofosforado

6 METODOLOGIA DE MUESTREO OFICIAL.

6.1 UNIVERSO y POBLACION

El universo para la formulación del Plan Nacional Subsectorial de Vigilancia y Control de Residuos de Plaguicidas y Contaminantes Químicos en arroz para consumo humano, está conformada por el arroz para consumo humano que es comercializado en el país.

Las unidades de muestreo que se tendrán en cuenta para este plan son los molinos que trillan el arroz, los cuales se ubican en los departamentos productores de arroz a nivel nacional y a nivel de importación se tomaran de los cargamentos de alimentos que contengan arroz para consumo humano que lleguen a los puertos y se reportan a la autoridades sanitarias competentes.

6.1.1 DISEÑO MUESTRAL NACIONAL

Para realizar el diseño inicialmente se tiene en cuenta lo siguiente:

6.1.1.1 Selección de departamentos



Se realizó un diseño estratificado por departamentos utilizado como variable auxiliar el volumen promedio de producción (tonelada) de los años 2010-2014. Tomando como información auxiliar los datos oficiales de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales – EVA – del Ministerio de Agricultura (1). Inicialmente se estratificaron los departamentos, en tres estratos, teniendo los siguientes límites de producción:

Tabla 2. Límites de cada uno de los estratos

Estratos	Límites de producción (Toneladas)	Número de departamentos	Producción promedio
Estrato 1	<17638.09	12	5315.57
Estrato 2	17638.09 - 59561.02	5	31590.76
Estrato 3	> 59561.02	9	257077.15

Para la estratificación se empleó el algoritmo de Lavalée-Hidiroglou¹, utilizando la librería stratification (2) del programa R (3), definiendo tres estratos con un coeficiente de variación del 0.019, utilizando como información auxiliar la producción promedio de arroz, En la Tabla 3 se relaciona los departamentos clasificados en los estratos teniendo en cuenta los límites anteriores.

Tabla 3. Distribución de la producción promedio de producción de los departamentos productores de arroz en los diferentes estratos. 2007-2014

Departamentos	Promedio	Estrato
AMAZONAS	33.63	1
VAUPÉS	44.50	1
NARIÑO	1393.76	1
ATLÁNTICO	1619.19	1
VICHADA	1745.08	1
PUTUMAYO	1975.85	1
GUAVIARE	5653.49	1
SANTANDER	6619.84	1
CAQUETÁ	7007.51	1
CAUCA	11246.97	1
LA GUAJIRA	12351.51	1

¹ El algoritmo de Lavalée-Hidiroglou (7) permite estratificar usando estratificación óptima por corte para una población con variable asimétrica. Este método permite definir los límites de estratificación óptimos fijando el número de estratos o el coeficiente de variación deseado para estimar un total asociado a una variable de interés, de tal modo que el tamaño de muestra sea mínimo.



MAGDALENA	14095.56	1
CUNDINAMARCA	21180.62	2
CHOCO	24898.98	2
VALLE DEL CAUCA	33620.99	2
ARAUCA	37071.75	2
ANTIOQUIA	41181.47	2
CÓRDOBA	77940.58	3
BOLÍVAR	82317.01	3
CESAR	97145.84	3
SUCRE	127675.32	3
NORTE DE SANTANDER	153070.45	3
HUILA	216465.42	3
META	390648.49	3
CASANARE	444894.52	3
TOLIMA	723536.73	3
TOTAL	2535435.07	

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utiliza la metodología de Kozak (4) 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} : Producción promedio de la producción de arroz de los años 2010-2014.

c : Coeficiente de variación especificado.

W_h : es el porcentaje de departamentos en cada estrato.

S_{y_h} : Desviación Estándar de la producción promedio de arroz en el estrato h -ésimo.

N : Número de Departamentos con Producción de arroz.



Tabla 4. Cálculos del número de departamentos seleccionados

Estratos	N	S_h	W_h	\bar{y}_h	n_h
Estrato 1	12	4787.84	0.46	5315.57	2
Estrato 2	5	7473.90	0.19	31590.76	1
Estrato 3	9	207664.74	0.35	257077.15	9
Total, general	26			97516.73	

Realizando los cálculos que se encuentra en la Tabla 4 y con un coeficiente de variación de 0.019 se deben escoger 12 departamentos.

Para determinar cuáles departamentos se debe seleccionar se realiza la afijación de Neyman mediante la siguiente formula²:

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

Para la selección de los departamentos bajo un diseño probabilístico proporcional al tamaño sin reemplazo (π 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 (5):

1. Calcule 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. Genere 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 Tabla 55, se encuentran los departamentos seleccionados lo cuales representan el 94% de la producción promedio nacional.

² Nótese que al realizar los cálculos para la afijación el estrato 3, incurre en un problema de sobre muestreo. Por lo cual todos los departamentos del 3 estrato ingresan por inclusión forzosa. Mientras las otras muestras se afijan por la formula mencionada.



Tabla 5. Distribución de los departamentos seleccionados para el muestreo

Departamentos	Promedio	Estrato
TOLIMA	723536.73	3
CASANARE	444894.52	3
META	390648.49	3
HUILA	216465.42	3
NORTE DE SANTANDER	153070.45	3
SUCRE	127675.32	3
CESAR	97145.84	3
BOLÍVAR	82317.01	3
CÓRDOBA	77940.58	3
VALLE DEL CAUCA	33620.99	2
MAGDALENA	14095.56	1
LA GUAJIRA	12351.51	1
TOTAL	2373762.43	

6.1.1.2 Selección de muestras

Para determinar el número de muestras se calculó un tamaño de muestra para proporciones en un diseño estratificado. Se tuvo en cuenta la proporción de excedencias obtenidas en el estudio de plan nacional subsectorial de vigilancia y control de residuos de plaguicidas y metales en alimentos de origen vegetal 2015 (hortofrutícola) (6).

Para este cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{\sum_{h=1}^L W_h P_h (1 - P_h)}{N \text{Var}(P_{est})}}$$

Donde

$$n_0 = \frac{(\sum_{h=1}^L W_h \sqrt{P_h (1 - P_h)})^2}{\text{Var}(P_{est})}$$

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



E : Error máximo esperado.

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

W_h : Proporción del promedio de producción de arroz en el estrato h -ésimo.

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

N : Producción total de arroz.

Tabla 6. Cálculos del tamaño de muestra

Estratos	Producción promedio (Toneladas)	W_h	P_h	$Wh\sqrt{P_h(1 - P_h)}$	$WhP_h(1 - P_h)$
Estrato 1	5316	0.02	0	0	0
Estrato 2	31591	0.11	1	0	0
Estrato 3	257077	0.87	0.25	0.378652804	0.163961474

Realizando los cálculos en la

Tabla 6, se relaciona los resultados con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 6%, se estima que el número de muestras deben ser 153, para lo cual se ajusta con un 3% para muestras sin información lo que nos da un total final de 158 muestras.

6.1.1.3 Selección de molinos

Para la selección de los molinos en los 12 departamentos seleccionados en los cuales se deben distribuir las 158 muestras, se consulta el censo general de establecimientos de alimentos y bebidas, a cargo de la Dirección de Operaciones Sanitarias del **Invima** encontrándose un total de 88 molinos, sin embargo, no se dispone de la información de la producción de cada uno de los molinos censados. Por lo anterior, se hace necesario establecer un criterio distinto de clasificación para lo cual se decide por el tamaño, para eso se tiene en cuenta que los molinos se clasifican en grandes, medianas, pequeñas y micro empresas, según el número de trabajadores.

Se afija la muestra de cada estrato proporcional a la suma de pesos según la clasificación de las empresas mencionadas anteriormente. Para ello a cada uno de los molinos se les dará un peso según el tamaño de la siguiente manera³:

³ Asumiendo que los molinos con mayor número de trabajadores son quienes tienen mayor producción de arroz.



Tabla 7. Peso de los molinos según su tamaño.

Tamaño	Peso
Grande	10
Mediana	5
Pequeña	3
Micro	1

Teniendo en cuenta lo anterior y realizando la afijación proporcional⁴ a la suma de los pesos de los molinos, el tamaño de muestra se define de la siguiente manera:

Tabla 8. Cálculos del tamaño de muestra

Estrato	Molinos	Suma de los pesos	W_h	n_h
1	5	13	0.05	8
2	2	6	0.02	3
3	81	263	0.93	147
Total general	88	282		

Para seleccionar los molinos según los resultados anteriores, se realiza una selección bajo un diseño probabilístico proporcional al tamaño con reemplazo (PPT) en cada uno de los estratos. El algoritmo de selección del método acumulativo, el cual utiliza los siguientes pasos (5):

- Separa la población en L estratos mediante la variable de estratificación.
- En cada estrato, seleccionamos una muestra PPT con reemplazo, utilizando el algoritmo de selección el método acumulativo total, el cual consiste en lo siguiente:
 - Calcular los p_k que es la proporción del elemento k-ésimo con respecto al total poblacional t_x de la variable auxiliar.

$$p_k = \frac{x_k}{t_x}$$

De donde, para este estudio la variable auxiliar (x) corresponde al peso de los molinos calculados anteriormente. Para $k = 1, \dots, N$ corresponde al total de molinos a muestrear (88).

- Se acumula todos los valores de la forma

⁴ Esta afijación se realiza, teniendo en cuenta que no se cuenta con la información de excedencias de forma adecuada en los estratos 1 y 2 para realizar una afijación óptima de los resultados en la Tabla 5.



$$T_k = \sum_{l=0}^k p_l$$

Con $T_0=0$.

- Se genera un valor aleatorio U entre 0 y 1.
- Se selecciona el k -ésimo elemento tal que

$$T_{k-1} < U \leq T_k$$

- Se repite esto tantas muestras se necesiten.

Cada una de los L estratos la selección es realizada de manera independiente.

6.2 Muestras seleccionadas

A continuación en la siguiente tabla se describe el número de muestras en cada estrato.

Tabla 9. Número de muestra por estrato.

DEPARTAMENTO	ESTRATO	MUESTRA
LA GUAJIRA	1	5
MAGDALENA	1	3
VALLE DEL CAUCA	2	3
BOLIVAR	3	12
CASANARE	3	17
CESAR	3	7
CORDOBA	3	13
HUILA	3	17
META	3	21
NORTE DE SANTANDER	3	12
SUCRE	3	4
TOLIMA	3	44



Tabla 10. Número de muestra por tamaño

DEPARTAMENTO	TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO	ESTRATO	MUESTRA
LA GUAJIRA	PEQUEÑA	1	5
MAGDALENA	PEQUEÑA	1	3
VALLE DEL CAUCA	MEDIANA	2	3
BOLIVAR	PEQUEÑA	3	12
CASANARE	MEDIANA	3	9
CASANARE	PEQUEÑA	3	8
CESAR	PEQUEÑA	3	7
CORDOBA	PEQUEÑA	3	7
CORDOBA	MEDIANA	3	6
HUILA	GRANDE	3	12
HUILA	MEDIANA	3	3
HUILA	PEQUEÑA	3	2
META	PEQUEÑA	3	12
META	GRANDE	3	6
META	MEDIANA	3	3
NORTE DE SANTANDER	PEQUEÑA	3	9
NORTE DE SANTANDER	MEDIANA	3	3
SUCRE	PEQUEÑA	3	4
TOLIMA	GRANDE	3	18
TOLIMA	MEDIANA	3	18
TOLIMA	PEQUEÑA	3	8

Tabla 11. Número de muestra por molino.

DEPARTAMENTO	TAMAÑO DEL ESTABLECIMIENTO	RAZON SOCIAL	ESTRATO	MUESTRA
LA GUAJIRA	PEQUEÑA	ARROCERA EL TRIUNFO	1	2
LA GUAJIRA	PEQUEÑA	ARROCERA GLORIA Y EMPACADORA DE ARROZ FONSECA	1	2
LA GUAJIRA	PEQUEÑA	SOBERANA SAS	1	1
MAGDALENA	PEQUEÑA	INDUSTRIASAGROPECUARIAS	1	3



La salud
es de todos

Minsalud

		MOLINOS CHIMILA SAS		
VALLE DEL CAUCA	MEDIANA	ARROCERA LA ESMERALDA SAS	2	3
BOLIVAR	PEQUEÑA	ARROCERA CAUCA LTDA	3	2
BOLIVAR	PEQUEÑA	ARROCERA LOS TAMACOS LTDA	3	2
BOLIVAR	PEQUEÑA	ARROZ CURE DE AMERICA SAS	3	2
BOLIVAR	PEQUEÑA	MOLINO ARROCERO LA CANDELARIA SAS	3	2
BOLIVAR	PEQUEÑA	MOLINO EMIL LTDA	3	2
BOLIVAR	PEQUEÑA	MOLINO SERVIAGRO EU	3	2
CASANARE	MEDIANA	AGROINDUSTRIAL MOLINO SONORA AP SAS	3	3
CASANARE	MEDIANA	DIANA CORPORACION SAS DICORP SAS	3	3
CASANARE	MEDIANA	MOLINOS EL YOPAL LTDA	3	3
CASANARE	PEQUEÑA	GRANOS DEL CASANARE GRANDELCA SA - GRANDELCA SA	3	2
CASANARE	PEQUEÑA	MOLINO CASANARE LTDA CI	3	2
CASANARE	PEQUEÑA	ORGANIZACION ROA FLOR HUILA SA VILLANUEVA	3	2
CASANARE	PEQUEÑA	UNION DE ARROCEROS SAS- UNIARROZ SAS	3	2
CESAR	PEQUEÑA	ARROCERA DOÑA NUBIA	3	3
CESAR	PEQUEÑA	COALCESAR-COOPERATIVA MULTIACTIVA ALGODONERA DEL DPTO DEL CESAR LTDA	3	2
CESAR	PEQUEÑA	INDUSTRIA MOLINERA DEL ORIENTE SAS	3	2
CORDOBA	MEDIANA	ARROCERA SAHAGUN SAS	3	3
CORDOBA	MEDIANA	INVERSIONES CH & D LTDA- INCOARROZ	3	3
CORDOBA	PEQUEÑA	CORGRANOS SA	3	2
CORDOBA	PEQUEÑA	GOMEZ ZULUAGA VICTOR HUGO PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO DE COMERCIO COLOMBIANA DE ARROZ-MOLINO Y PLANTA DE SECAMIENTO	3	2
CORDOBA	PEQUEÑA	INDUSTRIA ARROCERA ARROPALMIRA SAS	3	2
CORDOBA	PEQUEÑA	MARAGRO SAS	3	1
HUILA	GRANDE	ORGANIZACION ROA	3	12



		FLORHUILA SA		
HUILA	MEDIANA	DIANA CORPORACION SA DICORP SA	3	3
HUILA	PEQUEÑA	INVERSIONES PTC SA	3	2
META	GRANDE	INDUSTRIA PRODUCTORA DE ARROZ SA – INPROARROZ SA	3	6
META	MEDIANA	ORGANIZACION ROA FLORHUILA SA	3	3
META	PEQUEÑA	AGROPECUARIA DE COMERCIO LTDA AGROCOM	3	2
META	PEQUEÑA	ALMAVIVA GLOBAL CARGO SAS	3	2
META	PEQUEÑA	CEREALES DEL LLANO SA	3	2
META	PEQUEÑA	COMERCIALIZADORA DEL LLANO SA - ARROZ DEL LLANO	3	2
META	PEQUEÑA	INDUSTRIA Y SELECCION DE GRANOS Y CEREALES SAS- INSUMAGRAL SAS	3	2
META	PEQUEÑA	MOLINO INDUGRANOS COMPAÑIA LTDA	3	2
NORTE DE SANTANDER	MEDIANA	COOPERATIVA AGROPECUARIA DEL NORTE DE SANTANDER- COAGRONORTE LTDA	3	3
NORTE DE SANTANDER	PEQUEÑA	ARROCERA EL TREBOL SAS	3	2
NORTE DE SANTANDER	PEQUEÑA	ARROCERAS SAN VALENTIN Y CIA LTDA	3	2
NORTE DE SANTANDER	PEQUEÑA	COMERCIALIZADORA GOMEZ & GOMEZ SAS	3	2
NORTE DE SANTANDER	PEQUEÑA	MOLINOS LA PERLA DEL NORTE SAS	3	2
NORTE DE SANTANDER	PEQUEÑA	PEDRO CRISANTO PUENTES CARDENAS-ARROZ SAN PEDRO	3	1
SUCRE	PEQUEÑA	BOTERO ZULUAGA URIEL DE JESUS PROPIETARIO DEL ESTABLECIMIENTO DE COMERCIO EL IMPERIO DEL ARROZ	3	4
TOLIMA	GRANDE	AGROINDUSTRIAL MOLINO SONORA AP SAS	3	6
TOLIMA	GRANDE	ORGANIZACION ROA FLORHUILA SA-PLANTA CATSA	3	6
TOLIMA	GRANDE	UNION DE ARROCEROS SA UNIARROZ SA S	3	6
TOLIMA	MEDIANA	ARROCERA BOLUGA LTDA	3	3



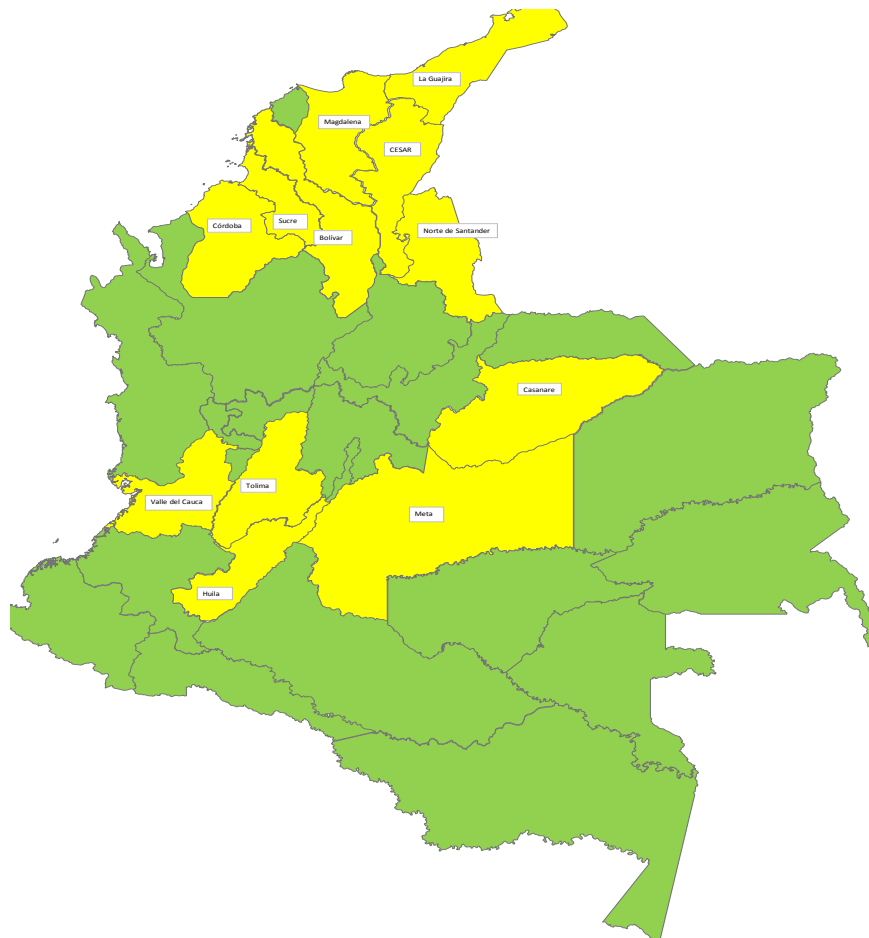
TOLIMA	MEDIANA	ARROZ CARIBE SAS	3	3
TOLIMA	MEDIANA	DIANA CORPORACION SA DICORP SA	3	3
TOLIMA	MEDIANA	DIANA CORPORACION SA DICORP SAS - ANTERIORMENTE MOLINO PAJONALES	3	3
TOLIMA	MEDIANA	INVERSIONES MOLINO COLOMBIA SAS	3	3
TOLIMA	MEDIANA	UNION DE ARROCEROS SA UNIARROZ SA - MOLINO SAN JOAQUIN	3	3
TOLIMA	PEQUEÑA	FEDERAL SAS	3	2
TOLIMA	PEQUEÑA	INVERSIONES MOLINO PACANDE SAS	3	2
TOLIMA	PEQUEÑA	ORGANIZACION ROA FLORHUILA SA-PLANTA SAN FRANCISCO	3	2
TOLIMA	PEQUEÑA	PROCESADORA DE ARROCES - PROARROZ SAS	3	2

6.2.1 Diseño Muestral parte Importada.

Consensando con el laboratorio del **Invima** su capacidad analítica para el periodo 2017, nos informa de un total de 200 muestras, con ésta información y considerando que a nivel nacional se tomarán 158 muestras, por lo tanto las 42 muestras restantes se toman a nivel de importación en puertos, aeropuertos y pasos de frontera a demanda.

Con el objeto de visualizar las zonas (departamentos) del país que han sido priorizadas de acuerdo con la ubicación de los molinos, a continuación se presenta el mapa de Colombia resaltando los departamentos (color amarillo) en donde están ubicados los molinos de trillado de arroz blanco para consumo humano, en los cuales se tomaron las muestras para su posterior análisis en el laboratorio del Instituto. Ver figura 1.

Figura 1. Mapa de Colombia y los departamentos con molinos monitoreados



7 METODO ANALITICO.

La totalidad de las muestras tomadas de arroz para consumo humano tanto nacional como importado, se remitieron al Laboratorio Físicoquímico de Alimentos y Bebidas del **Invima**, para su respectivo análisis de acuerdo con las metodologías que se relacionan a continuación:

Tabla 12. Metodologías de análisis-Laboratorio Físicoquímicos de Alimentos y Bebidas.

PRODUCTO	ENSAYO	METODO	INTERVALO MEDICIÓN	DOCUMENTO NORMATIVO
Alimentos	CONTAMINANTES	Espectrometría de	Desde 0,25	PO04-DS-403-



	METÁLICOS (CADMIO, PLOMO, MERCURIO, ARSÉNICO)	masa de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)	hasta 10 kg/L en curva de calibración	P192
Alimentos	DETERMINACIÓN DE PLAGUICIDAS EN ALIMENTOS	Cromatografía líquida (HPLC) MS/MS	0,005 mg/kg a 0,8 mg/kg	PO04-DS-403-P218

8 RESULTADOS-Análisis Descriptivo.

NACIONAL

Plaguicidas, En cuanto a residuos de plaguicidas a continuación en la Tabla 13 se relaciona el número de muestras que fueron analizadas, el escenario Nacional o Importado, presencia o ausencia de residuos, molécula encontrada, rango del residuo, si el residuo tiene registro de uso y finalmente si cuenta o no con el LMR.

Tabla 13. Resultados de residuos de plaguicidas encontrados -Laboratorio Fisicoquímicos de Alimentos y Bebidas

Escenario	Muestras Analizadas	Presencia	Residuos	Rango (ppm)	ICA Registro	LMR Res 2906-2007 ppm
		Ausencia				
Nacional	152	1	Fenitrothion	0,043	NO	1.0 **
		9	Imidacloprid	0,008- 0,022	SI	NR
		2	Propiconazol	0,018-0,019	SI	NR
		5	Cipermetrina	0,008-0,015	SI	NR
		1	Clorpirifos	0,012	SI	0.5
		7	Tebuconazol	0,008-0,025	SI	NR
		2	Triadimenol	0,011-0,012	SI	NR
		125	ND	NA	NA	NA



**PoP para alimentos elaborados, el LMR incorpora el tratamiento al producto después de la cosecha.

ND: No Detectado; NA: No Aplica. NR: No Reporta.

De los resultados obtenidos se observa que 125 muestras lo que corresponde al 82% de las 152 muestras analizadas, no contenían residuos de plaguicidas según el multiresiduo monitoreado; en las 27 muestras restantes se encontraron 7 residuos de plaguicidas diferentes.

Límites Máximos de Residuos (LMR)

Teniendo en cuenta la normatividad sanitaria vigente Colombiana, la resolución 2906 de 2007 la cual “Tiene por objeto establecer los Límites Máximos de Residuos de Plaguicidas (LMR) en alimentos para consumo humano y piensos o forrajes” y los parámetros establecidos por el referente internacional en inocuidad alimentaria el Codex Alimentarius, se observa en los resultados relacionados en la anterior tabla, que solamente se cuenta con dos Límites Máximos de Residuos (LMR) para los residuos de plaguicidas encontrados, los cuales se relacionan a continuación, aclarando que las concentraciones encontradas de estos plaguicidas cumplen con este parámetro normativo.

Clorpirifos: 0.5 ppm (LMR)

Fenitrotion: 1.0 ppm (LMR)

Por otra parte, consultando el registro de uso otorgado por el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA para los residuos de plaguicidas encontrados (Tabla 13) se observa que solamente 1 de ellos no está autorizado para ser utilizados en el cultivo del arroz (Fenitrotion) lo que nos permite concluir el cumplimiento de las Buenas Prácticas Agrícolas por parte de los agricultores en la producción del arroz, ya que, el Fenitrotion posiblemente es utilizado en el almacenamiento del producto.

Metales Pesados, En lo que respecta a metales pesados a continuación se relacionan lo metales que se encontraron de acuerdo con el número de muestras analizadas:

Tabla 14. Resultados de plomo encontrados -Laboratorio Físicoquímicos de Alimentos y Bebidas

Escenario	Muestras Analizadas	Presencia Pb	Rango (ppm)	Excedido 0.2 ppm	Rango (ppm)
Nacional	149	68	0,001-0,065	NR	NA

Tabla 15. Resultados de cadmio encontrados -Laboratorio Físicoquímicos de Alimentos y Bebidas



Escenario	Muestras Analizadas	Presencia Cd	Rango (ppm)	Excedido 0.2 ppm	Rango (ppm)
Nacional	149	149	0,002-0,385	10	0,205-0,385

Tabla 16. Resultados de arsénico encontrados -Laboratorio Fisicoquímicos de Alimentos y Bebidas

Escenario	Muestras Analizadas	Presencia As	Rango (ppm)	Excedido	Rango (ppm)
Nacional	35	34	0,0093-0,19	NA	NA

Niveles Máximos Permitidos

Teniendo en cuenta la normatividad sanitaria vigente colombiana que para este caso en particular corresponde a la resolución 4506 de 2013, “Por la cual se establecen los niveles máximos de contaminantes en los alimentos destinados al consumo humano y se dictan otras disposiciones” se estableció el siguiente Nivel Máximo (NM) para el cadmio y el plomo en el arroz:

NM= 0.2 ppm (Cd/Pb).

Para el Arsénico no se tiene parámetro establecido a nivel nacional, el Codex Alimentarius tiene el siguiente:

NM= 0.2 ppm (As).

De acuerdo con lo anterior y los resultados obtenidos, se observa que para el **plomo** 68 muestras el 46% de 149 muestras, tienen presencia de este metal las cuales cumplen con el Nivel Máximo establecido en la normativa nacional.

En lo relacionado con el **cadmio** se observa que todas las muestras analizadas es decir las 149 muestras, o sea el 100% de ellas tienen presencia de este metal y 10 de estas muestras excedieron el Nivel Máximo permitido en la normativa nacional, encontrándose como el mayor valor el 0, 385 ppm.

Por otra parte para el **Arsénico**, se observa que 34 muestras de las 35 analizadas tenían presencia de este metal, al compararse con el parámetro establecido por el Codex Alimentarius estarían cumpliendo con el mismo.



IMPORTADO

Plaguicidas, En cuanto a residuos de plaguicidas encontrados a nivel de producto importado a continuación en la Tabla 17, se relaciona el número de muestras que fueron analizadas, el escenario Nacional o Importado, presencia o ausencia de residuos, molécula encontrada, rango del residuo, si el residuo tiene registro de uso y finalmente si cuenta o no con el LMR.

Tabla 17. Resultados de residuos de plaguicidas encontrados -Laboratorio Fisicoquímicos de Alimentos y Bebidas

Escenario	Muestras Analizadas	Presencia Ausencia	Residuos	Rango (ppm)	ICA Registro	LMR Res 2906-2007 ppm
Importado	64	64	ND	NA	NA	NA

ND: No Detectado; NA: No Aplica.

De los resultados obtenidos se observa que la totalidad de las muestras analizadas lo que corresponde a 64 muestras, ninguna contenía residuos de plaguicidas de los 53 residuos que fueron monitoreados.

Metales Pesados, En lo que respecta a metales pesados a continuación se relacionan lo metales que se encontraron de acuerdo con el número de muestras analizadas:

Tabla 18. Resultados de plomo encontrados -Laboratorio Fisicoquímicos de Alimentos y Bebidas.

Escenario	Muestras Analizadas	Presencia Pb	Rango (ppm)	Excedido 0.2 ppm	Rango (ppm)
Importado	64	10	0,002-0,021	NR	NA

Tabla 19. Resultados de cadmio encontrados -Laboratorio Fisicoquímicos de Alimentos y Bebidas.

Escenario	Muestras Analizadas	Presencia Cd	Rango (ppm)	Excedido 0.2 ppm	Rango (ppm)
Importado	64	63	0,007-0,092	NR	NA



Tabla 20. Resultados de arsénico encontrados -Laboratorio Fisicoquímicos de Alimentos y Bebidas.

Escenario	Muestras Analizadas	Presencia As	Rango (ppm)	Excedido	Rango (ppm)
Nacional	54	54	0,025-0,074	NA	NA

Niveles Máximos Permitidos

Teniendo en cuenta la normatividad sanitaria vigente colombiana que para este caso en particular corresponde a la resolución 4506 de 2013, “Por la cual se establecen los niveles máximos de contaminantes en los alimentos destinados al consumo humano y se dictan otras disposiciones” se estableció el siguiente Nivel Máximo (NM) para el cadmio y el plomo en el arroz:

NM= 0.2 ppm (Cd/Pb).

Para el Arsénico no se tiene parámetro establecido a nivel nacional, pero el Codex Alimentarius tiene el siguiente:

NM= 0.2 ppm (As).

De acuerdo con lo anterior y los resultados obtenidos, se observa que para el **plomo** de las 64 muestras analizadas solo 10 de ellas tenían presencia de este metal y ninguna de ellas excedió el Nivel Máximo establecido en la normativa nacional.

En lo relacionado con el **cadmio** se observa que casi todas las muestras analizadas es decir 63 de las 64 muestras tenían presencia de este metal ninguna de ellas excedió el Nivel Máximo permitido en la normativa nacional.

Por otra parte para el **Arsénico**, se observa que la totalidad de las muestras analizadas es decir 54 muestras tenían presencia de este metal, al compararse con el parámetro establecido por el Codex Alimentarius estarían cumpliendo con el mismo.

8.1 Comparación de las proporciones de muestras no conformes en cadmio y plomo para las muestras de arroz en molinos

En la tabla 21 se presenta el valor de la proporción obtenida para cada departamento de acuerdo con las muestras analizadas y las muestras no conformes.



Tabla 21. Resultados de comparación de proporciones para Cadmio en Molinos

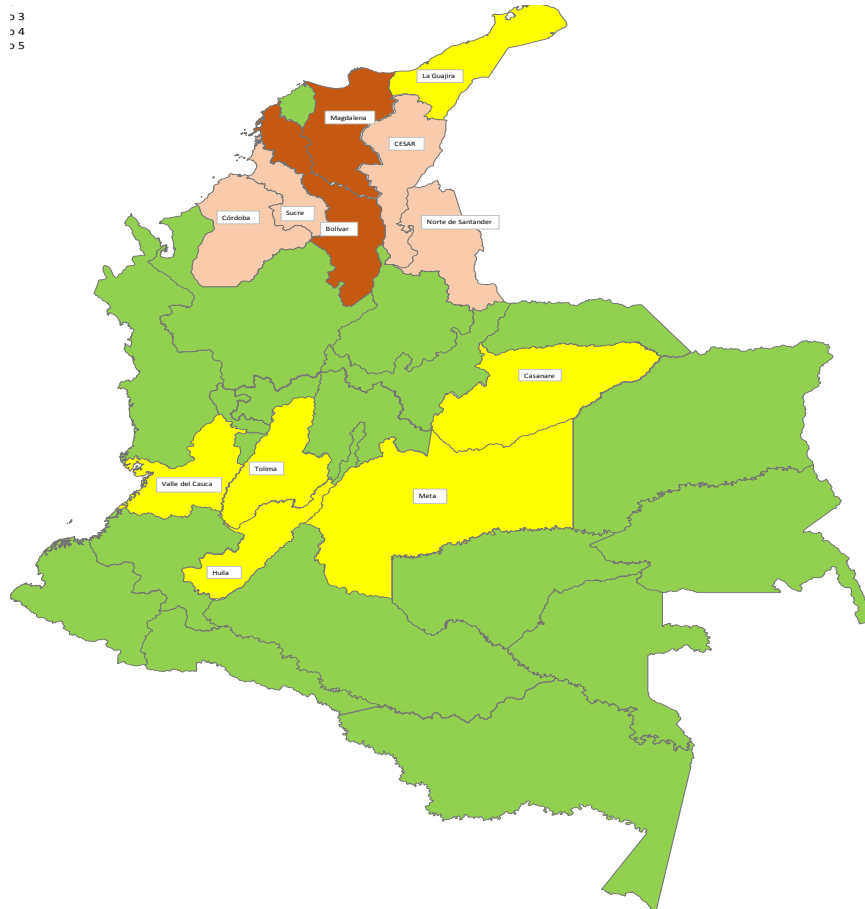
2017-2018			
Departamentos	muestras Cd	no conformes	Proporción de no conformes (%)
Córdoba	12	1	8
Norte de Santander	9	1	11
Casanare	16	1	6
Bolívar	10	3	30
Cesar	5	1	20
Huila	19	0	0
La guajira	4	0	0
Magdalena	3	2	67
Meta	22	0	0
Tolima	41	0	0
Valle del cauca	3	0	0
Sucre	5	1	20
totales	149	10	

Con el objeto de visualizar las zonas y/o departamentos que arrojaron el porcentaje más alto de resultados no conformes respecto al cadmio (Cd) en el arroz blanco, a continuación se presenta el mapa de Colombia, destacando los departamentos con mayor proporción de no conformes de color rojo oscuro, de mediana proporción de color rojo claro y finalmente los departamentos que se monitorearon y no tuvieron resultados no conformes de color amarillo.

Figura 2. Mapa de riesgo - Colombia y los departamentos según resultados de cadmio.



3
4
5



9 GESTION DEL RIESGO

El país cuenta con un Sistema de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias –MSF el cual sería el apoyo para la implementación de las acciones de intervención tanto de la comunicación como la gestión de riesgo a nivel nacional, es por ello que el Invima solicitó al **Grupo Técnico de Residuos-MSF** convocar a través de la secretaria técnica, a las instituciones que conforman el mencionado grupo con el objeto de presentar los resultados obtenidos durante el desarrollo del presente plan y una vez evaluados determinar las acciones de intervención a nivel país que se deben implementar por las instituciones de acuerdo con sus competencias.

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Respecto a residuos de plaguicidas presentes en las muestras de arroz analizadas, solo el 11 % de las muestras de arroz nacional (27 muestras de 152) contenían residuos de los siguientes plaguicidas: Clorpirifos, Imidacloprid, Propiconazol, Fenitrotion, Cipermetrina, Tebuconazol y Triadimenol.

De los residuos de plaguicidas encontrados solamente el Clorpirifos y el Fenitrotion cuentan con un Límite Máximo de Residuos-LMR establecido en la normativa nacional y/o el Codex Alimentarius y en los rangos del resultado encontrados cumplen con este parámetro normativo.

Es de aclarar que, el hecho de que no se tenga establecido un LMR por parte del país y/o del Codex Alimentarius para un determinado residuo de plaguicida, imposibilita evaluar si la presencia de este residuo en un alimento determinado para este caso el arroz blanco, constituye o no un riesgo para la salud del consumidor.

En cuanto a la autorización de uso otorgada por el ICA, a los residuos de los plaguicidas encontrados en el arroz, observamos que solo uno de ellos (Fenitrotion) no cuenta con el debido registro para ser utilizado en el cultivo de arroz, lo que nos permite suponer como conclusión que el mencionado plaguicida es utilizado en la etapa del almacenamiento del alimento.

En lo que respecta a los metales específicamente para el cadmio (Cd), de las 149 muestras de arroz analizadas el 100% de ellas, arrojaron presencia de este metal en un rango entre (0,002-0,385) ppm, de estas muestras con presencia el 0,7 % del total de muestras analizadas lo que corresponde a 10 muestras de arroz, excedió el parámetro normativo nacional de 0.2 ppm, en un rango entre (0,205-0,385) ppm.

En cuanto a los departamentos con mayor número de resultados no conformes de cadmio en arroz, se observa de acuerdo con el análisis realizado de proporciones (Tabla 21) que son los siguientes departamentos reportados a saber: Magdalena (67%), Bolívar (30%), cesar y sucre (20%) principalmente.

En cuanto al plomo (Pb), de las 149 muestras de arroz analizadas el 46% de ellas es decir 68 muestras, arrojaron presencia de este metal en un rango entre (0,001-0,065) ppm, de estas muestras con presencia ninguna del total de muestras analizadas, excedió el parámetro normativo nacional de 0.2 ppm.

RECOMENDACIONES

Continuar con la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación del Plan Nacional Subsectorial de Vigilancia y Control de Residuos de plaguicidas y metales en arroz, con el objeto de seguir contando con la información actualizada de la presencia y/o ausencia de residuos de plaguicidas y de metales pesados en este alimento y así poder realizar la gestión y comunicación del riesgo adecuadas.

Avanzar en la estrategia interinstitucional con las entidades estatales competentes y otros actores de la cadena del arroz, en la comunicación y gestión del riesgo, para que se pueda establecer y



mantener las acciones de intervención convenientes para que el riesgo en salud específicamente por la presencia del cadmio en el arroz blanco para consumo humano este bajo control.

11 Bibliografía

1. Ministerio de agricultura. MinAgricultura. [Online].; 2017. Available from: <http://www.agronet.gov.co>.
2. Rivest LP, Baillargeon S. stratification: Univariate Stratification of Survey Populations. 2017. R package version 2.2-6.
3. 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/>.
4. Kozak M. Optimal stratification using random search method in agricultural surveys. Statistics in Transition. 2004 May; 6(5).
5. Gutierrez HA. Estrategias de muestreo. Diseño de encuestas y Estimación de parámetros. Segunda ed. Bogotá: Ediciones de la U; 2016.
6. INVIMA. Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. [Online].; 2015 [cited 2017 Abril. Available from: https://www.invima.gov.co/images/pdf/inspeccion_y_vigilancia/direccion-alimentos/NUEVO-DOCUMENTO-HORTOFRUTICOLAC.pdf.
7. Lavallée P, Hidiroglou M. On the Stratification of Skewed Populations. Survey Methodology. 1988 June; 14(1).