

Intercomparación analítica entre laboratorios de radiactividad ambiental 2023 (cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

Octubre 2024

EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE
INTERCOMPARACIÓN 2023 ENTRE LABORATORIOS
DE MEDIDA DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL
(Muestras de cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

Dr. José Antonio Suárez Navarro (CIEMAT)

Dr. Anna Rigol Parera (UB)

D. José Antonio Trinidad Ruiz (CSN)

Dr. Joana Tent Petrus (UB)

Dr. Carmen Rey del Castillo (CSN)

Índice

1.	PRESENTACIÓN.....	1
2.	INTRODUCCIÓN.....	1
3.	OBJETO	3
4.	PARTICIPACIÓN.....	3
4.1.	CAPACIDAD DE RESPUESTA EN EL PERÍODO DE 72 HORAS	3
4.2.	DESCRIPCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE LOS DIFERENTES LABORATORIOS	5
5.	DESCRIPCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS MATRICES OBJETO.....	8
5.1.	INFORMACIÓN DE LA PREPARACIÓN DEL MATERIAL.....	8
5.2.	CENIZAS DE ALIMENTOS – EMISORES ALFA, BETA Y GAMMA NATURALES Y ARTIFICIALES E ÍNDICES ALFA TOTAL Y BETA TOTAL	8
5.3.	PRESENCIA DE $^{243+244}\text{Cm}$ EN LA MUESTRA DE CENIZAS DE ALIMENTOS.....	11
5.4.	ESPINACAS – DETERMINACIÓN DE ^{14}C	12
6.	DISTRIBUCIÓN DE LAS MUESTRAS Y BASES TÉCNICAS.....	15
7.	RECEPCIÓN DE RESULTADOS. DETERMINACIONES A REALIZAR	15
8.	TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS.....	17
8.1.	IDENTIFICACIÓN DEL VALOR ASIGNADO Y SU INCERTIDUMBRE	17
8.2.	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL EJERCICIO.....	18
8.3.	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO	18
9.	EVALUACIÓN DEL EJERCICIO	20
10.	ESTADÍSTICA UTILIZADA PARA ESTUDIAR LOS RESULTADOS.....	21
11.	VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS POR LABORATORIO MEDIANTE LOS GRÁFICOS POMLOTS.....	23
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	25
13.	RESULTADOS INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 72 h (MUESTRA DE CENIZAS DE ALIMENTOS)	26
13.1.	PARTICIPACIÓN	26
13.2.	$^{89}\text{Sr}+^{90}\text{Sr}$	27
13.3.	^{54}Mn	29
13.4.	^{60}Co	32
13.5.	^{65}Zn	35
13.6.	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	38
13.7.	^{134}Cs	40
13.8.	^{137}Cs	43

13.9.	Índice de actividad alfa total	45
13.10.	Índice de actividad beta total.....	47
13.11.	Resultados no solicitados y falsos positivos.....	50
14.	RESULTADOS INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 3 MESES PARA LAS CENIZAS DE ALIMENTOS.....	51
14.1.	PARTICIPACIÓN	51
14.2.	⁵⁵ Fe.....	52
14.3.	⁶³ Ni.....	54
14.4.	⁸⁹ Sr	56
14.5.	⁹⁰ Sr	59
14.6.	²³⁰ Th	62
14.7.	²³⁴ U.....	64
14.8.	²³⁵ U.....	67
14.9.	²³⁸ U.....	69
14.10.	Uranio natural.....	72
14.11.	²³⁸ Pu.....	74
14.12.	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu.....	77
14.13.	²⁴¹ Am.....	79
14.14.	²⁴³⁺²⁴⁴ Cm.....	82
14.15.	⁵⁴ Mn.....	84
14.16.	⁶⁰ Co	87
14.17.	⁶⁵ Zn	90
14.18.	^{110m} Ag.....	92
14.19.	¹³⁴ Cs	96
14.20.	¹³⁷ Cs.....	99
14.21.	Índice de actividad alfa total	101
14.22.	Índice de actividad beta total.....	104
14.23.	Resultados no solicitados y falsos positivos.....	107
15.	RESULTADOS INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 3 MESES DE LA MUESTRA DE ESPINACAS DESHIDRATADAS.....	108
15.1.	¹⁴ C.....	108
16.	CONCLUSIONES	110
ANEXO I. TABLAS DE VALORES INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 72 h (CENIZAS DE ALIMENTOS)		112
ANEXO II. GRÁFICAS DE RESULTADOS Y DE EVALUACIÓN DE LOS VALORES INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 72 h		122
ANEXO III. TABLAS DE VALORES INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 3 MESES (CENIZAS DE ALIMENTOS).....		132
ANEXO IV. GRÁFICAS DE RESULTADOS Y DE EVALUACIÓN DE LOS VALORES INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 3 MESES (CENIZAS DE ALIMENTOS).....		154
ANEXO V. TABLAS DE VALORES INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 3 MESES (ESPINACAS DESHIDRATADAS)		176
ANEXO VI. GRÁFICAS DE RESULTADOS Y DE EVALUACIÓN DE LOS VALORES INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 3 MESES (ESPINACAS DESHIDRATADAS).....		178

ANEXO VII. GRÁFICOS RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES LABORATORIOS PARA LA MUESTRA DE CENIZAS DE ALIMENTOS PARA LOS PLAZOS DE 72 HORAS Y 2 MESES	180
ANEXO VIII. EVALUACIÓN INDIVIDUAL CON GRÁFICOS PomPlots.....	183
ANEXO IX. LABORATORIOS PARTICIPANTES	202

1. PRESENTACIÓN

Este informe recoge las actividades y resultados del ejercicio de intercomparación analítica entre los laboratorios de radiactividad ambiental correspondiente al ejercicio 2023 en la que se analizaron dos muestras, una de cenizas de alimentos y otra de espinacas deshidratadas.

Este ejercicio de intercomparación se enmarca dentro del programa periódico de intercomparaciones establecido por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) con la finalidad de: i) garantizar la calidad de los ensayos de determinación de radionucleidos de los laboratorios españoles que participan en las diferentes redes de control radiológico ambiental, tanto las de ámbito nacional como en el entorno de las instalaciones y ii) mejorar las capacidades nacionales en este campo.

Este documento describe la organización, desarrollo y evaluación del ejercicio intercomparativo exponiendo las conclusiones más relevantes.

2. INTRODUCCIÓN

La vigilancia radiológica ambiental requiere la determinación de las concentraciones de actividad de los radionucleidos en los componentes bióticos y abióticos de los diversos ecosistemas, lo que implica el análisis de matrices de diversa naturaleza en la práctica del laboratorio.

Las posibles etapas que requiere el proceso analítico son: el pretratamiento, la digestión por vía húmeda o seca, la separación radioquímica del elemento contenido en la matriz de origen y la medida de las radiaciones ionizantes mediante diferentes técnicas instrumentales según sea el tipo de radiación que emite el elemento separado (alfa, beta y/o gamma).

El resultado final de una medida debe emitirse con un nivel de confianza y debe asegurarse, mediante ensayos de precisión y exactitud, que el método empleado por el laboratorio es adecuado al propósito.

Los procedimientos y resultados de los distintos laboratorios que realizan los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) deben ser comparables entre sí y trazables al sistema internacional de unidades de medida.

En el presente ejercicio se han seguido las recomendaciones indicadas en el documento de la IUPAC *“The International Harmonized Protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories”* así como en la norma UNE-EN ISO/IEC 17043:2023. “Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los proveedores de ensayos de aptitud”.

El CSN, como organismo regulador en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, estableció un programa periódico de ejercicios de intercomparación en muestras análogas a las que se analizan en los diferentes PVRA, proporcionando así un medio adecuado para mantener la calidad de los análisis procedentes de los laboratorios de radiactividad ambiental. En estos programas de comparación interlaboratorios, la Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica (URAYVR) del Departamento de Medio Ambiente (DMA) del CIEMAT actúa, junto con el *Laboratori de Radiologia Ambiental* y el *Laboratori de Preparació de Materials pel Control de la Qualitat* (Mat Control) de la Sección de Química Analítica del Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica de la Universidad de Barcelona, que realiza la preparación y distribución de las muestras objeto del estudio, como apoyo técnico al CSN en la organización, preparación y evaluación de los resultados emitidos por los laboratorios.

Para la campaña de 2023 se seleccionaron como matrices dos tipos de muestras de alimentos, una ceniza de diferentes alimentos y una espinaca deshidratada, con la finalidad de estudiar la ejecución de los laboratorios en la determinación de radionucleidos en estas matrices y de garantizar que están capacitados para la medida de radiactividad en las muestras que forman parte de los diferentes PVRA.

Los radionucleidos objeto de este ejercicio de intercomparación son tanto de origen natural como artificial.

Los radionucleidos seleccionados para este ejercicio han sido:

- a) Cenizas de alimentos:
 - Índices de actividad alfa y beta total.
 - Concentración de uranio natural.
 - Emisores alfa: ^{230}Th , ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am y $^{243+244}\text{Cm}$.
 - Emisores beta: ^{55}Fe , ^{63}Ni , ^{89}Sr y ^{90}Sr .
 - Emisores gamma: ^{241}Am , ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{134}Cs y ^{137}Cs .
- b) Muestra de espinaca deshidratada:
 - ^{14}C .

Como en los cuatro últimos ejercicios intercomparativos, se volvió a pedir a los laboratorios que informasen de los resultados en dos plazos. El primero o “plazo rápido” fue voluntario y consistió en informar los resultados en un máximo de 72 horas. El objetivo de estas medidas fue la de evaluar la capacidad de los laboratorios para realizar determinados análisis en condiciones de urgencia. Por otra parte, tal y como se ha realizado habitualmente se requirió un segundo plazo denominado “normal”, que finalizaba en un máximo de tres meses.

3. OBJETO

La finalidad del presente ejercicio de intercomparación analítica entre laboratorios de radiactividad ambiental es proporcionar una manera objetiva de evaluar y demostrar la validez de los datos obtenidos por los laboratorios participantes en las determinaciones de los índices de actividad α total y β totales y en la medida de los radionucleidos, tanto naturales como artificiales, que son objeto del presente estudio.

El método de evaluación empleado permite estimar la exactitud de un método analítico determinado o detectar posibles fallos en la ejecución rutinaria del mismo (precisión, cálculo de incertidumbres, cambio de analista, etc.).

El ejercicio de intercomparación evalúa la idoneidad de un método o de una técnica instrumental frente a otros para un mismo tipo de análisis y nivel de actividad.

La realización periódica de este tipo de ejercicios asegura la capacidad técnica de los laboratorios participantes, en las determinaciones objeto del estudio, así como el correcto funcionamiento rutinario de los laboratorios.

4. PARTICIPACIÓN

4.1. CAPACIDAD DE RESPUESTA EN EL PERÍODO DE 72 HORAS

La Figura 1 y Figura 2 muestran el tiempo transcurrido entre el acuse de recibo de la muestra y la entrega de los resultados de los diferentes laboratorios participantes. El número de laboratorios invitados por el CSN fue de 40, de los cuales únicamente siete no entregaron resultados en el período de 72 horas, lo que supone una participación del 80,5%. El período exigido de 72 horas se representa en gris claro y en rojo se muestra el exceso de tiempo sobre las 72 horas. Los laboratorios que entregaron los resultados correctamente se representan en gris oscuro. La Figura 1 tiene en cuenta los días festivos (fines de semana) mientras que la Figura 2 sólo considera los días laborables. Los laboratorios que entregaron estrictamente los resultados en el plazo de 72 horas fueron seis: 6, 12, 21, 22, 28 y 39. Los restantes laboratorios se pueden dividir en aquellos cuya respuesta fue muy próxima a las 72 horas y aquellos que superaron más ampliamente el período de 72 horas. El número de laboratorios que entregaron los resultados en el plazo de 72 horas teniendo en cuenta los días laborables fueron ocho: 6, 12, 21, 22, 27, 28, 36 y 39. Algunos laboratorios excedieron ligeramente el período de 72 horas por un corto período de tiempo, sin embargo, en las gráficas Figura 1 y Figura 2 se indican como laboratorios que no han cumplido el plazo de 72 horas.

HORAS TRANSCURRIDAS ENTRE EL ACUSE Y EL ENVÍO DE RESULTADOS

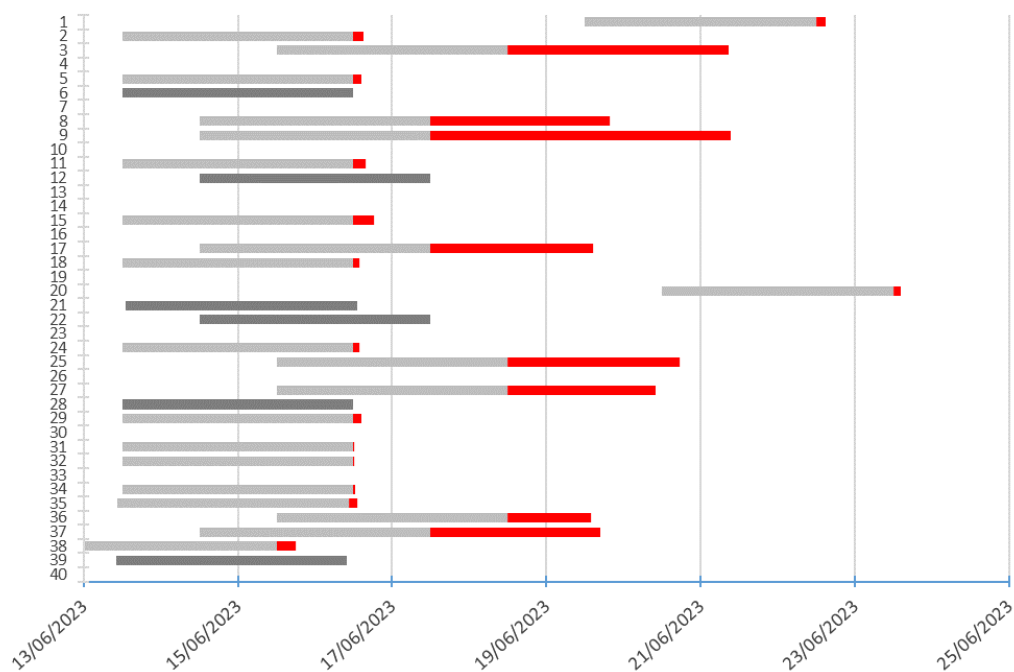


Figura 1. Periodos de entrega de resultados de los diferentes laboratorios en periodo de 72 horas contando los días festivos.

HORAS TRANSCURRIDAS ENTRE EL ACUSE Y EL ENVÍO DE RESULTADOS

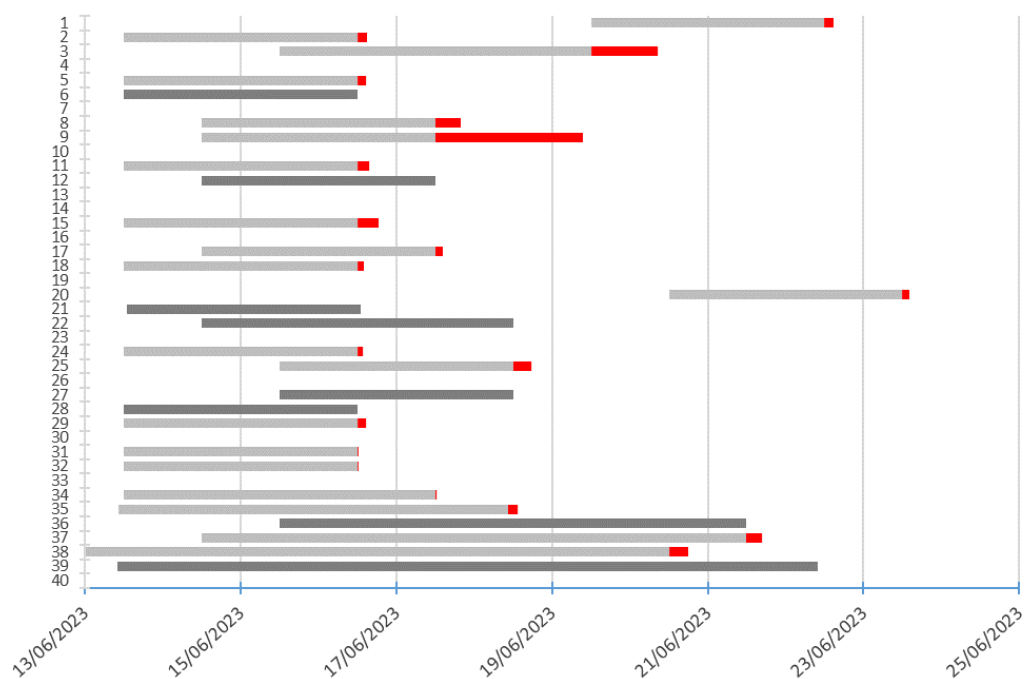


Figura 2. Periodos de entrega de resultados de los diferentes laboratorios en periodo de 72 horas teniendo en cuenta sólo los días laborales.

4.2. DESCRIPCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE LOS DIFERENTES LABORATORIOS

La Figura 3 y la Figura 4 muestran el porcentaje de participación de cada laboratorio y el número de determinaciones de cada análisis en el plazo de 72 horas. Por otra parte, la Figura 5 y la Figura 6 muestran los porcentajes de participación y el número de determinaciones, pero en el plazo de 3 meses.

El número de análisis requeridos en el plazo de 72 horas fueron: $^{89+90}\text{Sr}$, α , β y espectrometría gamma (^{54}Mn , ^{60}Co , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{134}Cs y ^{137}Cs). Los laboratorios 5, 15, 31 y 35 entregaron el 100% de los resultados solicitados. Por otra parte, los laboratorios 4, 7, 10, 13, 14, 16, 19, 23, 26, 30, 22 y 40 no entregaron resultados en el plazo de 72 horas. El $^{89+90}\text{Sr}$ fue el análisis con una menor participación ya que únicamente fue informado por 5 laboratorios de los 28 que entregaron resultados a las 72 horas. Los índices de actividad alfa y beta total fueron reportados por un 68% de los 28 laboratorios que entregaron resultados en el plazo de 72 horas. La espectrometría gamma fue la técnica más empleada alcanzando en el ^{54}Mn , ^{60}Co y ^{134}Cs un 96% de participación.

Porcentaje de participación de cada laboratorio

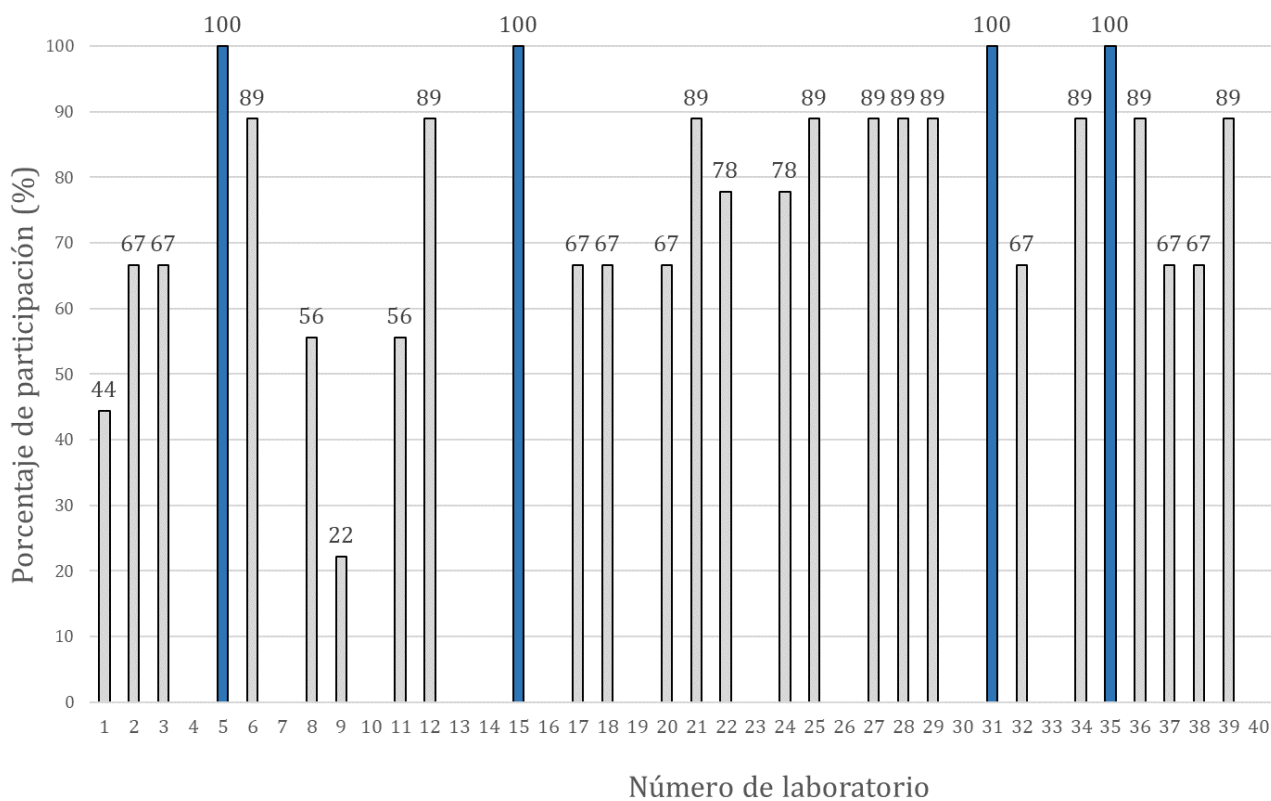


Figura 3. Porcentaje de participación de cada laboratorio en la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 72 horas.

Número de determinaciones por análisis

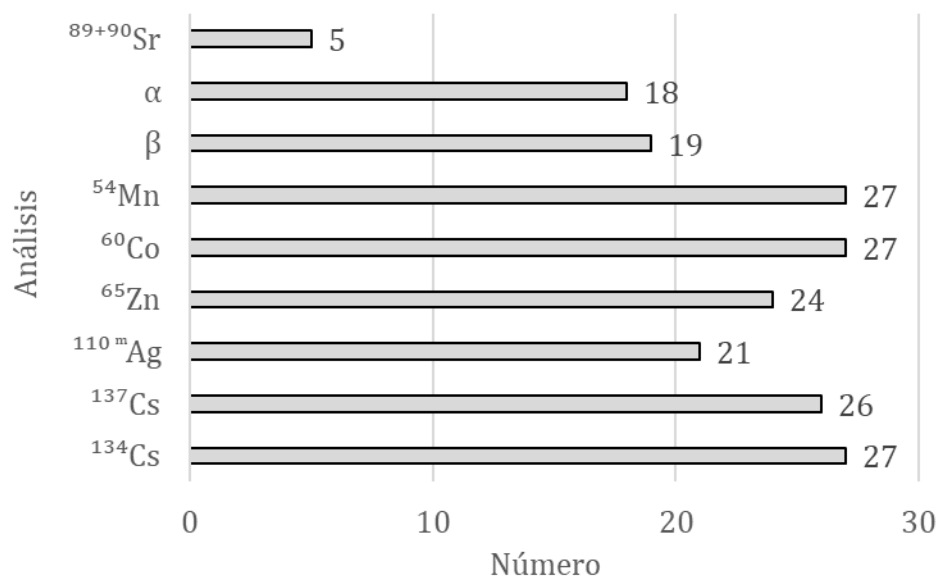


Figura 4. Número de determinaciones de cada uno de los análisis de la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 72 horas.

Porcentaje de participación de cada laboratorio

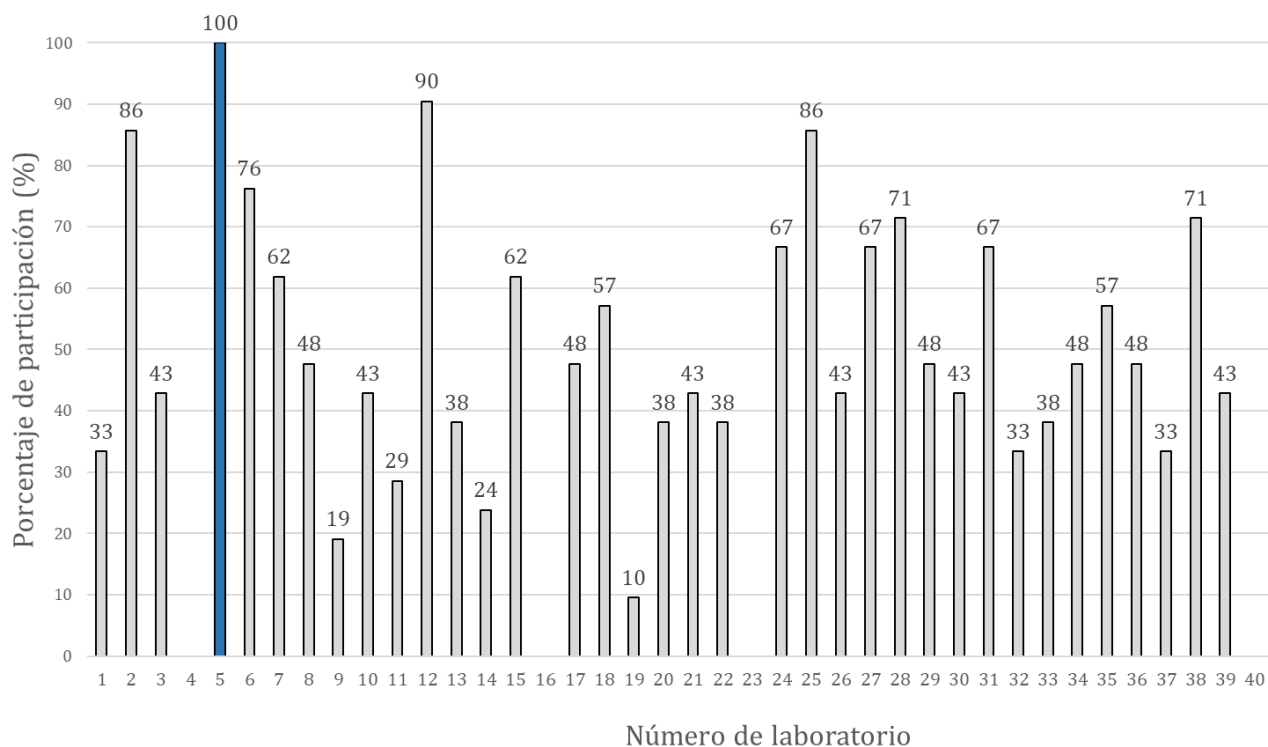


Figura 5. Porcentaje de participación de cada laboratorio en la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 3 meses.

Número de terminaciones por análisis

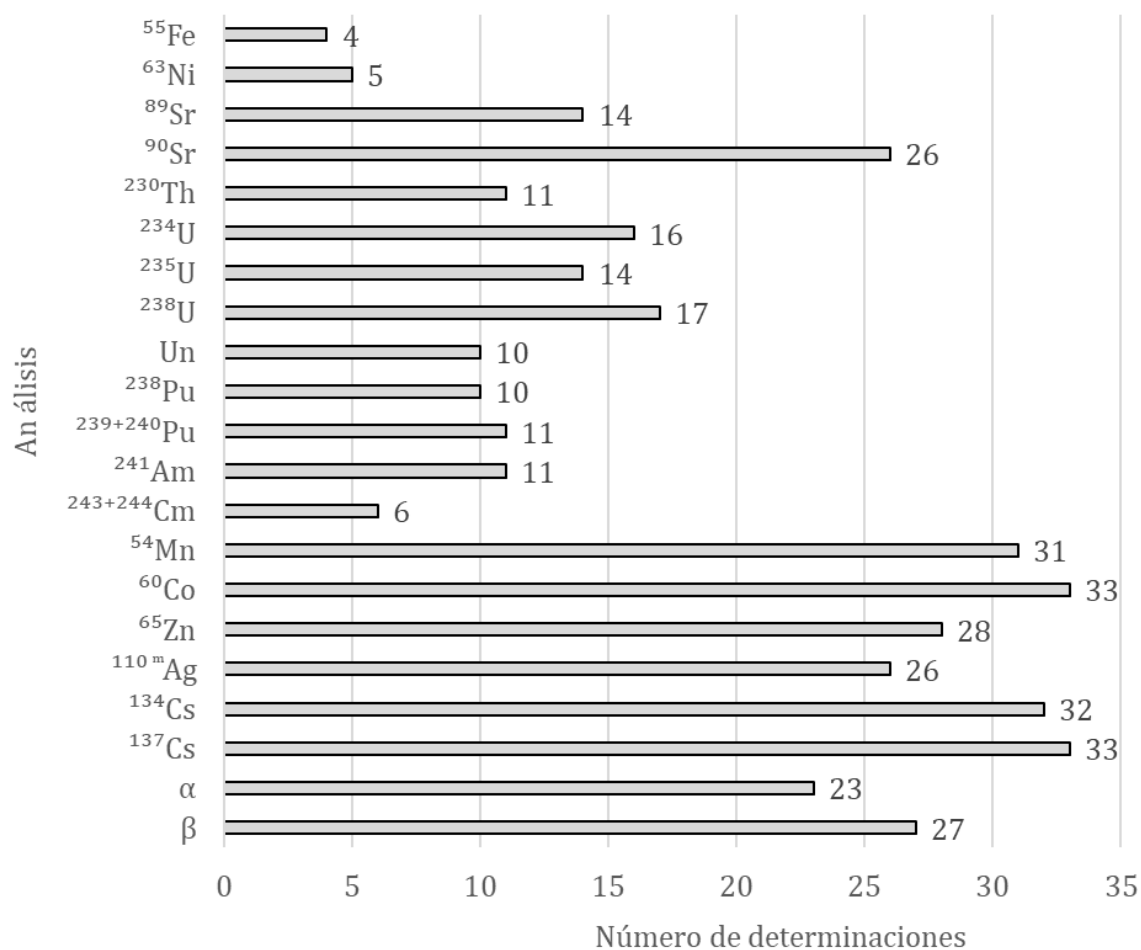


Figura 6. Número de determinaciones de cada uno de los análisis de la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 3 meses.

El laboratorio 5 fue el único que reportó el 100% de los resultados en el plazo de 3 meses. El porcentaje de participación se obtuvo teniendo en cuenta la determinación de la concentración de actividad del $^{243+244}\text{Cm}$. Los laboratorios 4, 16, 23 y 40 no entregaron los resultados en el plazo de 3 meses, lo que implica un 90% de participación en este ejercicio intercomparativo. El ^{55}Fe , ^{63}Ni y $^{243+244}\text{Cm}$ fueron los análisis con una menor participación (11%, 14% y 17% respectivamente). Los métodos radioquímicos fueron determinados en un porcentaje medio de 33% frente a un 85% de la espectrometría gamma. El ^{90}Sr fue la determinación radioquímica con una mayor participación alcanzando un 72%. Por otra parte, los índices de actividad alfa y beta total tuvieron un 69% de participación. Los porcentajes de participación han sido determinados respecto a los 36 laboratorios que enviaron al menos un resultado.

El ^{14}C de la muestra de espinacas deshidratadas fue analizado únicamente por 4 laboratorios: 2, 5, 23 y 26.

5. DESCRIPCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS MATRICES OBJETO

5.1. INFORMACIÓN DE LA PREPARACIÓN DEL MATERIAL

La preparación de los dos materiales para el ejercicio de intercomparación ha sido realizada por el *Laboratori de Radiologia Ambiental (LRA)* y el *Laboratori de Preparació de Materials pel Control de la Qualitat* (Mat Control) de la Sección Departamental de Química Analítica de la Universidad de Barcelona (UB).

A continuación, se detallan los procedimientos de preparación de la muestra de cenizas de alimentos y de la muestra de espinaca deshidratada.

5.2. CENIZAS DE ALIMENTOS – EMISORES ALFA, BETA Y GAMMA NATURALES Y ARTIFICIALES E ÍNDICES ALFA TOTAL Y BETA TOTAL

La matriz objeto de estudio es una ceniza de alimentos que proviene de la mezcla de diferentes cantidades de cenizas de pescado, marisco, vegetales, cultivos, dieta y leche, a la que se han añadido bajos niveles de actividad de radionucleidos artificiales. Las cenizas utilizadas para preparar el material provienen del propio laboratorio y de aportaciones de la Universidad Politécnica de Cataluña y de la empresa Medidas Ambientales S.L. La composición de las cenizas fue la que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición de la mezcla de cenizas de alimentos.

Tipo de cenizas	Cantidad inicial (g)	Composición (%)
Leche	5600	50
Dieta	1950	17
Pescado - Marisco	2965	27
Vegetales - Cultivos	681	6
TOTAL	11196	

Se prepararon alrededor de 11 kg de mezcla de cenizas que se calcinaron de nuevo a 550°C. Se molturaron primero en un molino de impacto con un paso de luz de 1 mm y posteriormente se tamizaron manualmente a 0,5 mm. El material obtenido se homogenizó por rotación durante 24 h horas. Se analizó el contenido de radionucleidos emisores gamma, de ^{90}Sr y de emisores alfa (isótopos de uranio, plutonio y ^{241}Am), detectándose actividad elevada de ^{40}K y alrededor de 1 Bq/kg de ^{137}Cs , ^{234}U y ^{238}U . Las actividades de ^{214}Pb , ^{214}Bi y ^{212}Pb fueron del orden de las actividades mínimas detectables.

A una parte de las cenizas (3 kg) se adicionó una solución que contenía actividades conocidas de ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{55}Fe , ^{63}Ni , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{241}Am , ^{238}Pu y ^{239}Pu . La fracción marcada se secó a 105 °C, se tamizó manualmente a 0,5 mm y se mezcló por rotación con unos 8 kg de cenizas sin marcar, en dos etapas. Primero se mezcló con 3 kg y pasadas 24 h de rotación se añadieron unos 4 kg más.

Después de 310 h de homogeneización se llevó a cabo el estudio de homogeneidad global. Se analizaron cuatro alícuotas de 85 g procedentes de diferentes puntos del bidón de homogenización por espectrometría gamma. Mientras se realizaba el estudio de homogeneidad global se continuó con la homogeneización por rotación.

En la Tabla 2 se muestran los coeficientes de variación obtenidos entre alícuotas (CV_{muestras}) y los coeficientes de variación asociados a la medida (CV_{medida}) por espectrometría gamma para los radionucleidos añadidos y ^{40}K . Dado que para preparar el material se mezclaron diferentes tipos de cenizas de alimentos con diferente contenido de ^{40}K , el estudio de homogeneidad con ^{40}K también dará información sobre la homogeneidad de las cenizas.

Los coeficientes de variación para ^{40}K inferiores al 2% indican que la mezcla de cenizas es homogénea.

Los coeficientes de variación entre alícuotas para ^{54}Mn , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ y ^{137}Cs fueron inferiores o similares a los coeficientes de variación asociados a la medida. Estos valores se encuentran entre 3% y 8% pudiéndose considerar que el material ya era suficientemente homogéneo a las 310 h de homogeneización y se procedió a su envasado. El tiempo total de homogeneización fue de 503 h, aproximadamente 21 días.

Tabla 2. Resultados del estudio de la homogeneidad inicial global. Coeficientes de variación (%) entre alícuotas (CV_{muestras}) y coeficientes de variación asociados a la medida (CV_{medida}). Técnica: espectrometría gamma. Tiempo de medida: 80.000 s. Cantidad de muestra: 85 g.

Radionucleidos	CV_{muestras} n=4	CV_{medida} (85 g)	Nivel de actividad vs AMD
Radionucleidos añadidos			
^{54}Mn	6%	6%	≈5AMD
^{60}Co	8%	9%	≈4AMD
^{65}Zn	14%	15%	≈2AMD
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	4%	6%	≈3AMD
^{134}Cs	8%	4%	≈7AMD
^{137}Cs	3%	5%	≈5AMD
Radionucleido natural			
^{40}K	1,4%	1,4%	≈ 180AMD

Cabe señalar que los coeficientes de variación para ^{65}Zn , superiores a 10%, se deben al nivel bajo de actividad respecto al límite detección para 85 g y un tiempo de medida de 80000 s. Este radionucleido requería más tiempo de medida para mejorar la estadística de recuento. Además, al ser la actividad de ^{40}K muy elevada, el fondo Compton es también elevado y, en consecuencia, aumentan los límites de detección del resto de radionucleidos. Aun así, todas las actividades son cuantificables.

Una vez asegurada dicha homogeneidad, se procedió al envasado del material. Se prepararon 49 unidades con un contenido aproximado de 200 g (Figura 7) y se etiquetó con el código:

INTER-CSN/CIEMAT-2023

Cenizas de alimentos

Emisores alfa, beta y gamma. Índices α/β

Botella n^o



Figura 7. *Cenizas de alimentos envasado y etiquetado.*

El contenido de humedad a 105°C en el momento del envasado fue del 0,2%.

Una vez envasado y etiquetado se seleccionaron tres botellas representativas para realizar el estudio de homogeneidad entre botellas y dentro de una botella. Para ello se determinó la actividad de isótopos emisores gamma añadidos y de ^{40}K por espectrometría gamma en submuestras de 100 g y de ^{214}Am por espectrometría alfa en submuestras de 8 g. Para cada una de las 3 botellas se realizaron los análisis por duplicado.

Se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos mediante un test ANOVA de dos factores, no observándose diferencias significativas entre botellas y dentro de una botella, tanto para los emisores gamma como para ^{241}Am .

También se utilizó el criterio de homogeneidad basado en el solapamiento de los coeficientes de variación obtenidos entre y dentro de las botellas, considerando la incertidumbre asociada calculada a partir de la expresión $CV/\sqrt{2n}$ (siendo n el número de replicados).

En la Tabla 3 se muestran los coeficientes de variación obtenidos entre botellas ($CV_{\text{entre botellas}}$), dentro de botellas ($CV_{\text{dentro botella}}$) y los coeficientes de variación asociados a la medida (CV_{medida}) para radionucleidos gamma añadidos, ^{40}K y ^{241}Am como emisor alfa.

A partir de los estudios realizados, puede considerarse que el material es suficientemente homogéneo para el objetivo propuesto, siendo la heterogeneidad para ^{40}K , radionucleido natural, y para ^{241}Am , radionucleido añadido, del 4% con un nivel de confianza del 95%.

La heterogeneidad para los emisores gamma añadidos en las condiciones del estudio es de entre 2% y 9% dependiendo del radionucleido y de su nivel de actividad.

La homogeneidad observada para los radionucleidos estudiados puede extenderse a ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{63}Ni , ^{55}Fe , ^{238}Pu , ^{239}Pu dado que el material fue marcado con una única solución que contenía todos los radionucleidos añadidos.

Las actividades medidas de los radionucleidos añadidos estaban de acuerdo con las actividades añadidas en un $\pm 10\%$.

Tabla 3. Coeficientes de variación (%) obtenidos en el estudio de homogeneidad.

Radionucleidos	CV entre botellas $\pm$ U n=3	CV dentro botella $\pm$ U n=2	CV _{medida}	Nivel de actividad vs AMD
Espectrometría gamma (100 g, 80.000 s)				
^{40}K	$1,2 \pm 0,5$	$1,9 \pm 0,8$	1,4%	$\approx 200\text{AMD}$
^{54}Mn	$4,6 \pm 1,9$	$2,1 \pm 0,9$	6%	$\approx 6\text{AMD}$
^{60}Co	$2,9 \pm 1,2$	$7,2 \pm 3,0$	8%	$\approx 4\text{AMD}$
^{65}Zn	$8,6 \pm 3,5$	$7,2 \pm 2,8$	10%	$\approx 3\text{AMD}$
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	$3,6 \pm 1,4$	$2,8 \pm 1,1$	6%	$\approx 4\text{AMD}$
^{134}Cs	$3,1 \pm 1,3$	$4,0 \pm 1,6$	4%	$\approx 8\text{AMD}$
^{137}Cs	$2,3 \pm 0,9$	$1,8 \pm 0,8$	4%	$\approx 6\text{AMD}$
Espectrometría alfa (4 g, 170.000 s)				
^{241}Am	$1,2 \pm 0,5$	$1,9 \pm 0,8$	15%	$\approx 5\text{AMD}$

5.3. PRESENCIA DE $^{243+244}\text{Cm}$ EN LA MUESTRA DE CENIZAS DE ALIMENTOS

Las cenizas de alimentos contenían $^{243+244}\text{Cm}$ además de los radionucleidos enumerados anteriormente. El $^{243+244}\text{Cm}$ es un emisor alfa de origen artificial que no fue añadido voluntariamente y que tenía una concentración de actividad de unos 2 Bq kg⁻¹.

Se realizaron distintos ensayos para conocer su procedencia (blanco del material, trazadores alfa usados en las separaciones radioquímicas, patrones alfa y algunos patrones gamma añadidos) y, finalmente, se concluyó que este radionucleido estaba presente en el patrón de ^{54}Mn . Aunque el $^{243+244}\text{Cm}$ estuviera como impureza no informada en este patrón en el momento de su compra en un porcentaje insignificante respecto a la actividad inicial de ^{54}Mn (524 kBq en 2016), con el paso del tiempo el ^{54}Mn ha decaído a un ritmo más rápido que el $^{243+244}\text{Cm}$, con lo cual al añadir una alícuota del patrón de ^{54}Mn al material se ha añadido una actividad considerable de $^{243+244}\text{Cm}$. El período de decaimiento de ^{54}Mn es de 312 días, siendo de 29 años para ^{243}Cm y de 18 años para ^{244}Cm .

Los estudios de homogeneidad por espectrometría alfa realizados mostraron que el material era también homogéneo para $^{243+244}\text{Cm}$.

5.4. ESPINACAS – DETERMINACIÓN DE ^{14}C

La matriz objeto de estudio fueron espinacas deshidratadas en polvo comerciales, de ahora en adelante “Espinacas”, con un contenido de humedad a 80°C del 8 % en el momento de la preparación de la muestra.

Inicialmente se determinó el contenido de ^{14}C del material comercial para conocer su nivel de actividad siendo éste de $70 \pm 3 \text{ Bq kg}^{-1}(\text{h})$ ($k=2$) y el límite de detección de $0,9 \text{ Bq kg}^{-1}$. Se consideró que era adecuado para la intercomparación.

Para la preparación final del material se partió de cuatro bolsas de espinacas de 500 g cada una, todas del mismo lote. Los 2 kg de material se homogeneizaron por rotación durante 140 h (aproximadamente 6 días). Al no ser necesario marcar el material, se procedió directamente a su envasado en unidades con un contenido aproximado de 50 g (Figura 8) con el código:

INTER-CSN/CIEMAT-2023

Espinacas deshidratadas

^{14}C

Botella n^o

Tras el embotellado del material se determinó la humedad a 80°C y se conservaron las unidades a temperatura ambiente hasta la distribución a los laboratorios participantes.



Figura 8. Espinacas deshidratadas envasadas y etiquetadas.

A continuación, se seleccionaron tres botellas representativas del proceso de embotellado para llevar a cabo el estudio de homogeneidad final entre botellas y el estudio de homogeneidad dentro de una botella. Para ello se realizó el análisis de ^{14}C por el método de síntesis de benceno y medida por centelleo líquido y de ^{40}K por espectrometría gamma. Todas las determinaciones de ^{14}C han

sido realizadas por el Laboratorio de Datación por ^{14}C de los Centros Científico Tecnológicos de la UB.

Para el establecimiento de la variabilidad entre botellas se analizó un replicado de ^{14}C y ^{40}K de cada una de las botellas seleccionadas, y para el establecimiento de la variabilidad dentro de una botella se analizó ^{40}K en tres réplicas de una misma botella. Dichos estudios se llevaron a cabo analizando 7 g de muestra.

El criterio de homogeneidad establecido es el solapamiento de los coeficientes de variación obtenidos entre y dentro de las botellas, considerando la incertidumbre asociada calculada a partir de la expresión $\text{CV}/\sqrt{2n}$ (siendo n el número de replicados).

Tabla 4 Coeficientes de variación (%) obtenidos en los estudios de homogeneidad.

Radionucleidos	CV entre botellas $\pm U$ ESPINACAS n=3	CV dentro botella $\pm U$ ESPINACAS n=3	CV medida	Nivel de actividad vs AMD
Síntesis de benceno (7 g)				
^{14}C	$1,5 \pm 0,6$	--	2%	$\approx 9\text{AMD}$
Espectrometría gamma (7 g, 80.000 s)				
^{40}K	$3,1 \pm 1,3$	$4,4 \pm 1,8$	4%	$\approx 12\text{AMD}$

Tanto para ^{14}C como para ^{40}K , los coeficientes de variación entre botellas son similares al coeficiente de variación asociado a la medida. Además, para ^{40}K se observa que los coeficientes de variación entre botellas y dentro de una botella no mostraron diferencias significativas y también son similares a los coeficientes de variación asociados a la medida.

A partir de los estudios realizados, puede considerarse que el material es suficientemente homogéneo para el objetivo propuesto con una heterogeneidad en ^{14}C inferior al 4% con un nivel de confianza del 95%.

Las actividades finales de las muestras preparadas se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Concentraciones de actividad añadidas en la muestra de cenizas de alimentos.

Radionucleido	Actividad $\pm$ Incertidumbre de preparación ⁽¹⁾ (Bq/kg seco) (k=2)	Actividad $\pm$ Incertidumbre debida a la heterogeneidad ⁽²⁾ (Bq/kg seco) (k=2)
^{54}Mn	$8,41 \pm 0,44$	$8,41 \pm 0,66$
^{60}Co	$7,07 \pm 0,37$	$7,07 \pm 0,55$
^{65}Zn	$8,64 \pm 0,45$	$8,64 \pm 0,68$
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	$4,65 \pm 0,24$	$4,65 \pm 0,36$
^{134}Cs	$8,06 \pm 0,42$	$8,06 \pm 0,63$
^{137}Cs ⁽³⁾	$5,80 \pm 0,30$	$5,80 \pm 0,45$
^{89}Sr	$14,7 \pm 0,7$	$14,7 \pm 1,2$
^{90}Sr	$8,90 \pm 0,42$	$8,90 \pm 0,70$
^{55}Fe	149 ± 9	149 ± 12
^{63}Ni	$67,1 \pm 5,1$	$67,1 \pm 5,3$
^{238}Pu	$0,434 \pm 0,024$	$0,434 \pm 0,034$

Radionucleido	Actividad $\pm$ Incertidumbre de preparación ⁽¹⁾ (Bq/kg seco) (k=2)	Actividad $\pm$ Incertidumbre debida a la heterogeneidad ⁽²⁾ (Bq/kg seco) (k=2)
²³⁹ Pu	0,433 $\pm$ 0,020	0,433 $\pm$ 0,034
²⁴¹ Am	0,496 $\pm$ 0,028	0,496 $\pm$ 0,039

⁽¹⁾ Actividades añadidas e incertidumbres de la preparación (incertidumbre de las actividades certificadas, preparación de la mezcla de radionucleidos e incertidumbre de la masa total de cenizas).

⁽²⁾ Actividades añadidas e incertidumbres debidas a la heterogeneidad del material. Se ha considerado una heterogeneidad media del 8% con un nivel de confianza del 95% (k=2).

⁽³⁾ La actividad final del material será superior al valor calculado a partir de la alícuota añadida al material de la disolución patrón utilizada ya que las cenizas blanco ya contenían ¹³⁷Cs.

6. DISTRIBUCIÓN DE LAS MUESTRAS Y BASES TÉCNICAS

Las muestras objeto de estudio fueron enviadas desde la Universidad de Barcelona a los laboratorios que decidieron participar. Las muestras fueron enviadas utilizando servicios de mensajería para asegurar la recepción en la fecha prevista. 40 laboratorios recibieron alguna de las dos muestras de las que consta este ejercicio intercomparativo.

La documentación relativa al ejercicio incluía las plantillas de resultados denominadas “Int_2023_72h.xlsx” y “Int_2023_normal.xlsx” junto con el documento PDF que recogía las bases técnicas (“Bases técnicas.pdf”). Estos documentos fueron enviados a los laboratorios participantes por el CSN, previo al envío de muestras, junto con la carta de participación en la que figuraba el código asignado a cada uno, asegurando así el anonimato de los participantes.

7. RECEPCIÓN DE RESULTADOS. DETERMINACIONES A REALIZAR

En este ejercicio de intercomparación se solicitaron a los laboratorios los resultados e información relativa a los mismos para las siguientes determinaciones:

- a) Muestra de cenizas de alimentos:
 - Índices de actividad alfa y beta total.
 - Emisores gamma: ^{241}Am , ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{134}Cs y ^{137}Cs .
 - Emisores alfa: ^{230}Th , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am y $^{243+244}\text{Cm}$.
 - Emisores beta: ^{55}Fe , ^{63}Ni , ^{89}Sr y ^{90}Sr .
 - Concentración de uranio natural (Un).
- b) Muestra de espinacas deshidratadas:
 - ^{14}C .

Los resultados obtenidos por cada laboratorio fueron enviados al CSN mediante el empleo de las plantillas correspondientes (apartado 6). El CSN recopiló todos los resultados y los envió al CIEMAT para su tratamiento y evaluación, guardándose el anonimato en todo momento a través de los códigos asignados por el CSN a cada laboratorio.

En aquellos casos en los que el laboratorio realizaba varias determinaciones de la concentración de actividad de un radionucleido o análisis, se debía informar un valor medio de la concentración de actividad. Este valor medio se debía calcular mediante la media ponderada de los diferentes valores obtenidos y la incertidumbre asociada expandida para un factor de cobertura $k=2$. El laboratorio debía indicar si para el cálculo de la incertidumbre se había utilizado el criterio de la incertidumbre interna o externa según las siguientes expresiones:

$$I(x) = \sqrt{\frac{1}{\sum_i \left(\frac{1}{I(a_i)^2} \right)}} \quad , \quad s(x) = \sqrt{\frac{\sum_i \left(\frac{(a_i - x_i)^2}{I(a_i)^2} \right)}{(n-1) \sum_i \left(\frac{1}{I(a_i)^2} \right)}} \quad (1)$$

donde,

$s(x)$ es la incertidumbre expresada como varianza externa;

$I(a_i)$ es la incertidumbre asociada a cada medida;
 n es el número de medidas;
 a_i es el valor de la concentración de actividad;
 x_i es la media de las concentraciones de actividad consideradas.

En la Tabla 6 se recoge la codificación de la metodología y detector utilizado que debían ser utilizadas para cumplimentar las plantillas entregadas a cada laboratorio.

Tabla 6. Códigos empleados para la identificación de métodos y detectores.

Método empleado	Detector empleado
Separación radioquímica = SR Espectrometría Gamma = EG Fosforimetría Láser = KPA ICP-masas = ICP Método de separación: Precipitación = PP Extracción = EX Cromatografía Iónica = CI Extracción cromatográfica = EC Tipo de columna: (DOWEX AG 1x8, Sr spec, TEVA, UTEVA, TRU...) Para el ^{226}Ra : Separación radioquímica = SR Deconvolución multiplete Ra-U-Th = EGRaU Equilibrio secular = EGEQ Otros: Referencia bibliográfica o Normativa	Centelleo Líquido = CL Centelleo Líquido Cerenkov = CLC Centelleo Sólido = CS Contador Proporcional = CP E. Alfa detector de Si barrera superficie = SiB E. Alfa detector de Si implantación iónica = PIPS E. gamma detector de Ge inespecífico = Ge E. gamma detector de Ge tipo reverse = ReGe E. gamma detector de Ge hiperpuro = HpGe E. gamma detector de Ge Broad Energy Ge = BEGe Detector coaxial de Ge de rango extendido = XtRa E. gamma detector de INa = INa Otros. Indicar tipo de detector

8. TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

El tratamiento estadístico de los resultados de cada laboratorio en este ejercicio de intercomparación se basa en los siguientes supuestos:

1. Los resultados siguen una distribución normal o al menos una distribución unimodal.
2. Los resultados siguen una distribución razonablemente simétrica.
3. El empleo de estimadores estadísticos robustos hace que no sea necesario el estudio de los valores *outliers*.

Las expresiones matemáticas y definiciones utilizadas para realizar la evaluación de los resultados se presentan a continuación.

8.1. IDENTIFICACIÓN DEL VALOR ASIGNADO Y SU INCERTIDUMBRE

El valor asignado del ejercicio se ha determinado considerando el número de laboratorios que informaron resultado. La casuística fue la siguiente:

- a) Cuando el número de laboratorios que informaron resultados de actividad fue igual o superior a 10, el valor asignado se determinó como la Mediana (ML) y la desviación estándar del ejercicio con la Desviación Absoluta de la Mediana (MAD).
- b) Cuando el número de laboratorios que informaron resultados de actividad fue inferior a 10 se utilizó como valor asignado la actividad añadida.
- c) En caso de no cumplirse ni a) ni b) no se asignó ninguna actividad estableciéndose dicho análisis como “NO EVALUABLE”.

La mediana (ML) se determinó mediante la siguiente expresión:

$$ML = \begin{cases} x_{\left\{\frac{p+1}{2}\right\}} & \text{para } p \text{ impar} \\ \frac{x_{\{p/2\}} + x_{\{1+p/2\}}}{2} & \text{para } p \text{ par} \end{cases} \quad (2)$$

donde,

x es el valor que ocupa la posición que resulta de dividir entre dos el número de valores a considerar siendo estos un número impar y $x_{\{p\}}$ la secuencia ordenada de los valores considerados;

p es el número de posiciones totales, en este caso, número de resultados de actividad enviados por los laboratorios participantes.

La incertidumbre de la mediana se determinó mediante la desviación absoluta de la mediana (MADe(x)), según la expresión (4):

$$d_i = |x_i - ML| \quad (3)$$

$$MADe(x) = 1,483 ML(d_i) \quad (4)$$

donde,

d_i es la diferencia absoluta entre la concentración de actividad i y la mediana;

x_i es la concentración de actividad de cada valor;

ML es la mediana de las concentraciones de actividad considerados;

$ML(d_i)$ es la mediana de las diferencias absolutas.

8.2. DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL EJERCICIO

La desviación estándar del ejercicio se ha determinado utilizando un valor “adecuado al fin” que fue establecido en función de los ejercicios intercomparativos realizados en matrices similares (2014 y 2018), teniendo en cuenta las diferencias en el nivel de actividad y que el plazo para realizar los análisis era más reducido. Asimismo, para el cálculo de la desviación estándar se ha tenido como referencia los valores de MAB (*Maximum Acceptable Bias*) utilizados por el OIEA en ejercicios similares. En la Tabla 7 se recogen las desviaciones estándar contempladas para cada radionucleido.

Tabla 7. Desviaciones estándar del ejercicio intercomparativo.

Radionucleido/Índice	σ_p “adecuada al fin” (expresado en %)
Emisores gamma (excepto ^{241}Am y ^{235}U)	15%
Isótopos cuyo análisis habitual implica radioquímica (incluidos ^{235}U y ^{241}Am)	20%
Índice de actividad beta total	
Índice de actividad alfa total	30%

8.3. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

La evaluación del desempeño se realizó a partir del valor del estadístico z_{score} , calculado según las expresiones (5) y (6), en función de si se ha utilizado como valor de referencia la mediana o la actividad añadida.

$$z_{\text{score}} = \frac{x_i - ML}{\sigma_p \cdot ML} \quad (5)$$

$$z_{\text{score}} = \frac{x_i - A_{\text{añadida}}}{\sigma_p \cdot A_{\text{añadida}}} \quad (6)$$

donde,

x_i es la concentración de actividad informada por cada laboratorio;

ML es la mediana;

$A_{\text{añadida}}$ es la actividad añadida;

σ_p es la desviación estándar del ejercicio establecida como “adecuada al fin”.

En este ejercicio intercomparativo se ha evaluado la precisión de los resultados (expresión 7) de los participantes mediante el estadístico P que se determina mediante la siguiente expresión:

$$P = 100 \cdot \sqrt{\left(\frac{u(A_{\text{ref}})}{A_{\text{ref}}}\right)^2 + \left(\frac{u(A_{\text{lab}})}{A_{\text{lab}}}\right)^2} \quad (7)$$

donde $u(A_{\text{ref}})$ es la incertidumbre de la actividad de referencia, que se determina según el número de laboratorios participantes:

- Número de laboratorios igual o superior a 10:

$$u(A_{ref}) = 1,483 \cdot \text{mediana}|A_{lab} - A_{ref}| \quad (8)$$

b) Número de laboratorios menor a 10: incertidumbre de la actividad añadida, teniendo en cuenta la contribución de la homogeneización.

La precisión se considerará «Satisfactoria» cuando se cumpla que $|SR(\%)| \leq k \cdot P$, donde k es el factor de cobertura para un nivel de significación del 99%, $k = 2,58$. Por otra parte, $SR(\%)$ corresponde al sesgo relativo en tanto por ciento que viene dado por la siguiente expresión:

$$SR(\%) = 100 \cdot \frac{A_{lab} - A_{ref}}{A_{ref}} \quad (9)$$

Los anexos I, III y V contienen las tablas con los resultados informados por los laboratorios participantes para las determinaciones informadas en el plazo máximo de 72 horas de la muestra de cenizas de alimentos y en el plazo máximo de 3 meses de esta muestra y la de espinacas deshidratadas.

Las tablas contienen los parámetros considerados como más relevantes para cada determinación. Esta información permitirá a cada participante extraer la información necesaria para tener una visión de conjunto de todas las técnicas y tipos de medidas empleadas por los diferentes laboratorios. Esta información permitiría la toma de futuras decisiones o simplemente su conocimiento.

Los anexos II, IV y VI recogen las gráficas para los valores informados en el plazo de 72 horas y las informadas para el plazo máximo de 3 meses para ambos tipos de muestra. Asimismo, se recogen las gráficas del parámetro de evaluación del desempeño de cada determinación. La gráfica superior contiene los valores de concentración de actividad, su incertidumbre asociada y el LID informados por cada laboratorio. En la gráfica se ha representado la actividad asignada (mediana o actividad añadida) determinada según los criterios descritos en este apartado. Los límites inferior y superior de la actividad asignada se han determinado como 2 veces la desviación típica multiplicada por la mediana. En el caso de las evaluaciones realizadas con la actividad añadida los límites se determinaron como 2 veces la desviación típica por el valor de la actividad añadida.

En las gráficas descritas anteriormente no se han representado ni evaluado los resultados de los laboratorios que únicamente han informado el LID. Sin embargo, esta información queda reflejada en las tablas de los diferentes anexos. Por otra parte, en la gráfica inferior se han representado los estimadores z-score para cada determinación en función del número de participantes. En ambas gráficas se han representado en amarillo los dudosos y en rojo los no satisfactorios. Los valores satisfactorios se han representado en negro en la gráfica superior y en verde en la inferior.

El anexo VII recoge los gráficos resumen de la evaluación de los diferentes laboratorios para la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas y 3 meses.

9. EVALUACIÓN DEL EJERCICIO

La evaluación del ejercicio se realizó según lo descrito en el apartado 8.3. utilizando las expresiones 5 y 6 para evaluar la exactitud, y la expresión 7 para evaluar la precisión. La evaluación de cada análisis reportado por los laboratorios se establece en base a la casuística descrita en la Tabla 8.

Tabla 8. Criterios de evaluación del ejercicio intercomparativo.

z-score	EVALUACIÓN
$-2 \leq z_{\text{score}} \leq 2$ $ SR(\%) \leq k \cdot P$	SATISFACTORIA
$-2 \leq z_{\text{score}} \leq 2$ $ SR(\%) > k \cdot P$	DUDOSA
$-2 > z_{\text{score}} > 2$	NO SATISFACTORIA

10. ESTADÍSTICA UTILIZADA PARA ESTUDIAR LOS RESULTADOS

El análisis de los resultados de los diferentes laboratorios se ha realizado utilizando la estadística descriptiva de MS Excel y el software estadístico RStudio 2024.04.1 Build 748. Los parámetros numéricos de cada distribución: media aritmética, error típico de la media, mediana, desviación estándar, varianza muestral, curtosis, coeficiente de asimetría, rango de actividades, actividad mínima, actividad máxima y número de laboratorios, también fueron determinados mediante este software estadístico. Los gráficos que se han utilizado han sido de cuatro tipos:

- i) gráfico de densidad junto con el histograma;
- ii) gráfico de caja y bigotes;
- iii) gráfico de violín;
- iv) dendograma.

La Figura 9 muestra las tres posibles formas de la distribución de los resultados: asimétrica negativa, simétrica y asimétrica positiva (Figura 9).

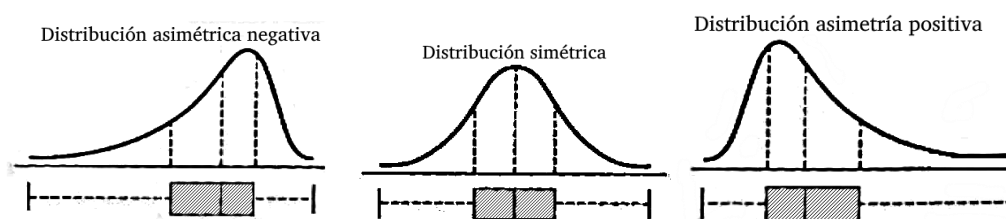


Figura 9. Tipos de distribución: asimétrica negativa, simétrica y asimétrica positiva.

En el caso de la forma de la distribución se consideran tres posibles casos: mesocúrtica, leptocúrtica y platicúrtica (Figura 10).

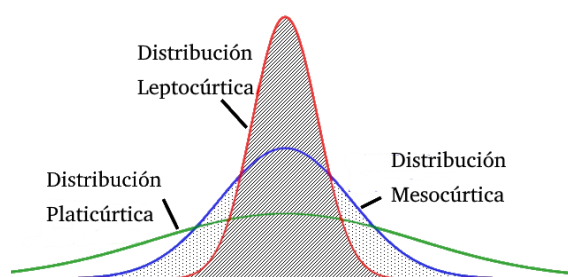


Figura 10. Tipos de distribución: asimétrica negativa, simétrica y asimétrica positiva.

Los parámetros que permiten cuantificar la asimetría y la forma de la distribución son el *Skewness* y la curtosis respectivamente. La ***skewness*** es una medida de la asimetría de una distribución y cuyo valor puede ser positivo o negativo:

- Una asimetría negativa indica que la cola está en el lado izquierdo de la distribución, que se extiende hacia valores más negativos.
- Un sesgo positivo indica que la cola se encuentra en el lado derecho de la distribución, que se extiende hacia valores más positivos.
- Un valor de cero indica que no hay asimetría en la distribución, lo que significa que la distribución es perfectamente simétrica.

La **curtosis** es una medida de si una distribución tiene o no colas pesadas o ligeras en relación con una distribución normal.

- La curtosis de una distribución normal es 3.
- Si una determinada distribución tiene una curtosis inferior a 3, se dice que es platicúrtica, lo que significa que tiende a producir menos valores atípicos y menos extremos que la distribución normal.
- Si una determinada distribución tiene una curtosis superior a 3, se dice que es leptocúrtica, lo que significa que tiende a producir más valores atípicos que la distribución normal.

Es importante tener en cuenta que los valores disponibles de algunas de las determinaciones son escasos, distorsionando los resultados del análisis estadístico. Sin embargo, de alguna manera informan de los resultados y se han realizado salvo que los valores disponibles fueran mínimos. Esta circunstancia será mencionada en cada apartado que así lo requiera.

11. VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS POR LABORATORIO MEDIANTE LOS GRÁFICOS POMPLOTS

Los gráficos PomPlots fueron propuestos por *Spasova et al.* (referencia 11 de la bibliografía de este informe) para la visualización de los resultados de los ejercicios intercomparativos evaluados por el *Join Research Center, Institute for Reference Materials and Measurements* de la *European Commission*.

El gráfico PomPlot representa la desviación relativa ($d_i / MAD(x)$) del resultado individual de un laboratorio a partir del valor de referencia en el eje de abscisas. Por otra parte, el eje de ordenadas representa el valor de la incertidumbre relativa (u/MAD). El valor de MAD es el mostrado en el apartado 8:

$$MAD(x) = ML(d_i) \quad (10)$$

donde $ML(d_i)$ es la mediana de la diferencias de la concentración de actividad de los laboratorios menos el valor utilizado como referencia, representado por d_i que se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$d_i = |x_i - ML| \quad (11)$$

donde x_i es la concentración de actividad del laboratorio i y ML es la mediana de las concentraciones de actividad informadas por los laboratorios. La expresión de d_i en el caso de no disponer de 10 resultados vendría dado por:

$$d_i = |x_i - x_{ref}| \quad (12)$$

donde x_{ref} es la actividad añadida.

Por tanto, el eje de abscisas representaría el valor de $d_i / MAD(x)$ determinado a partir de las expresiones 10, 11 y 12. Por otra parte, el eje de ordenadas representaría la incertidumbre relativa. La incertidumbre de la diferencia vendría dada por la expresión 13 en el caso de haber participado menos de 10 laboratorios y se disponía de actividad añadida o la expresión 14 cuando el número de laboratorios participantes era igual o mayor e 10.

$$u_i^2 = u^2(x_{lab,i}) + u^2(x_{ref}) \quad (13)$$

$$u_i^2 = u^2(x_{lab,i}) + u^2(x_{ML}) \quad (14)$$

El valor de $u^2(x_{lab,i})$ y $u^2(x_{ref})$ deben estar expresadas para un factor de cobertura $k=1$. El parámetro $u^2(x_{ML})$ representa la incertidumbre de la mediana cuyo valor para un factor de cobertura $k=1$ es:

$$u^2(x_{ML}) = 1,2533 \cdot \frac{\sigma_m}{\sqrt{n}}$$

donde σ_m es la desviación estándar muestral de las concentraciones de actividad informadas por los laboratorios y n el número de laboratorios. Finalmente, el valor representado en eje de ordenadas es $u/MAD(x)$.

Las líneas diagonales vienen representadas por los valores de $|\zeta| = |D/u| = 1, 2$ y 3 . La interpretación de los resultados es la siguiente:

- a) La exactitud de un valor se mide por la distancia al valor del eje de abscisas igual a 0.

- b) Los valores situados en la parte alta de la pirámide y dentro del intervalo $\zeta = \pm 2$ son los valores más exactos, siendo los valores más exactos y precisos los situados en la parte alta de la pirámide.
- c) Los valores situados dentro del intervalo $\zeta = \pm 2$ pero situados en la parte más baja son resultados con una incertidumbre elevada.
- d) Aquellos valores cuya posición está fuera de la pirámide representada por $\zeta = \pm 3$ son valores probablemente inconsistentes con el valor de referencia.

La Figura 11 muestra las diferentes regiones del gráfico PomPlot utilizadas para interpretar los resultados de un determinado laboratorio. Los gráficos realizados en este informe están ubicados en el Anexo VIII. Los gráficos de cada uno de los laboratorios contienen las evaluaciones de todos los resultados de los análisis (concentración de actividad) informados por el laboratorio. El valor de la actividad de referencia corresponde al valor de $x=0$ (denominada como Actividad).

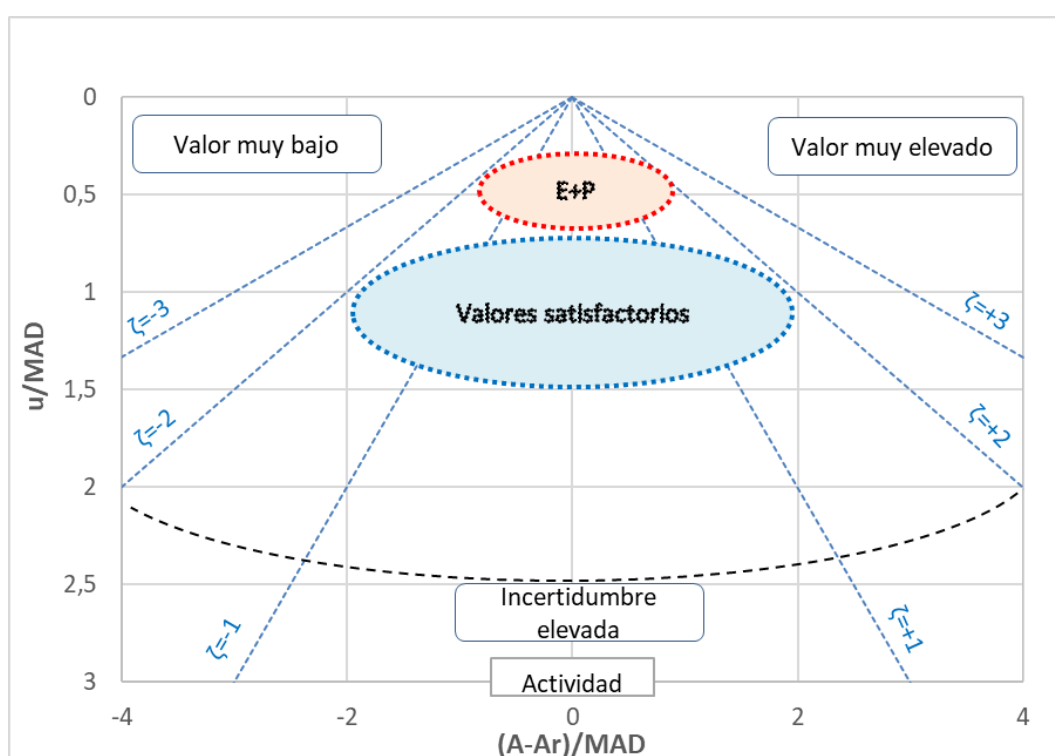


Figura 11. Esquema de las diferentes zonas del gráfico PomPlot para poder interpretar los resultados de un laboratorio.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. The International Harmonized Protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories (IUPAC Technical Report). Michael Thompson, Stephen L. R. Ellison, and Roger Word. Pure Appl. Chem. 78(1), 145-196, 2006.
2. ISO 13528:2022. "Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons".
3. UNE-EN ISO/IEC 17043:2023. "Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para los ensayos de aptitud".
4. UNE-EN ISO/IEC 17000:2020. "Evaluación de la conformidad. Vocabulario y principios generales".
5. ISO/IEC 21748:2017. Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation.
6. ISO/IEC Guide 98-3:2008. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. (GUM:1995).
7. Guía sobre la participación en programas de intercomparación. G-ENAC-14 Rev. 1. 2008.
8. Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida.
9. Vocabulario internacional de metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. Tercera edición electrónica. Centro Español de Metrología. 2012.
10. Alboukadel Kassambara (2013). Guide to Create Beautiful Graphics in R (Edición 2).
11. Spasova, Y., Pommé, S., & Wätjen, U. (2007). Visualisation of interlaboratory comparison results in PomPlots. *Accreditation and quality assurance*, 12, 623-627.

13. RESULTADOS INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 72 h (MUESTRA DE CENIZAS DE ALIMENTOS)

13.1. PARTICIPACIÓN

La Figura 12 presenta la participación en cada uno de los análisis solicitados para la muestra de cenizas de alimentos:

- Número de resultados Satisfactorios para cada análisis.
- Número de resultados Dudosos para cada análisis.
- Número de resultados No Satisfactorios para cada análisis.
- Número de análisis no evaluados.

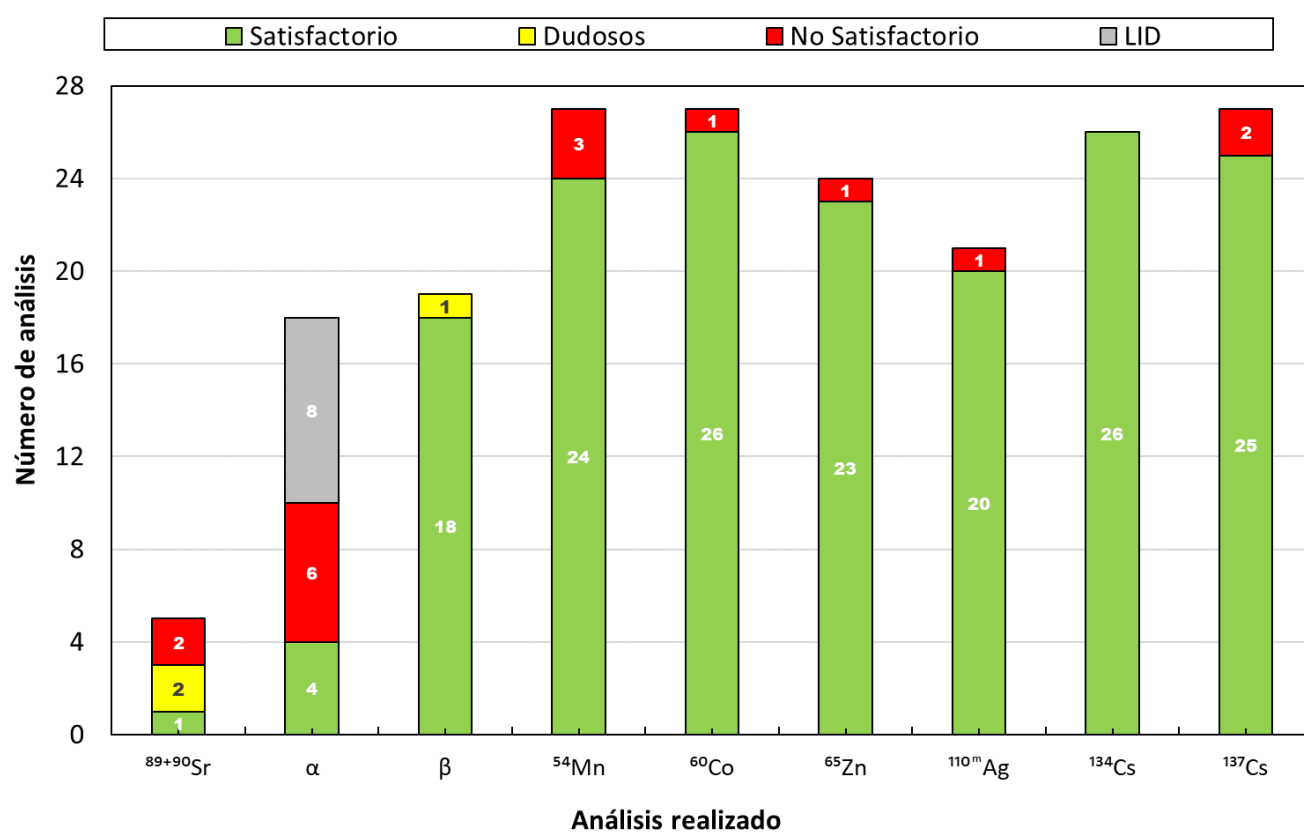


Figura 12. Resultados informados de la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 72 horas.

13.2. $^{89}\text{Sr}+^{90}\text{Sr}$

La Figura 13 muestra los resultados obtenidos en la evaluación junto con los métodos y detectores utilizados para la determinación del $^{89}\text{Sr}+^{90}\text{Sr}$. El número de laboratorios que enviaron resultados fue 5, obteniendo 1 laboratorio resultados satisfactorios (20%), 2 laboratorios (40%) resultados dudosos y 2 laboratorios resultados no satisfactorios (40%). Dos laboratorios realizaron 3 determinaciones y el resto realizaron una única determinación. Los tiempos de recuento oscilaron entre 1000 s y 72000 s siendo el tiempo medio de 27088 s. El rango de los límites de detección estuvo comprendido entre 0,03 y 5,00 Bq kg⁻¹. Las relaciones entre la concentración de actividad y el LID osciló entre 3,8 y 18,0. La Figura 14 muestra cómo los 5 análisis fueron llevados a cabo mediante métodos radioquímicos, realizando 2 laboratorios la medida mediante contador proporcional y los 3 restantes mediante centelleo líquido.

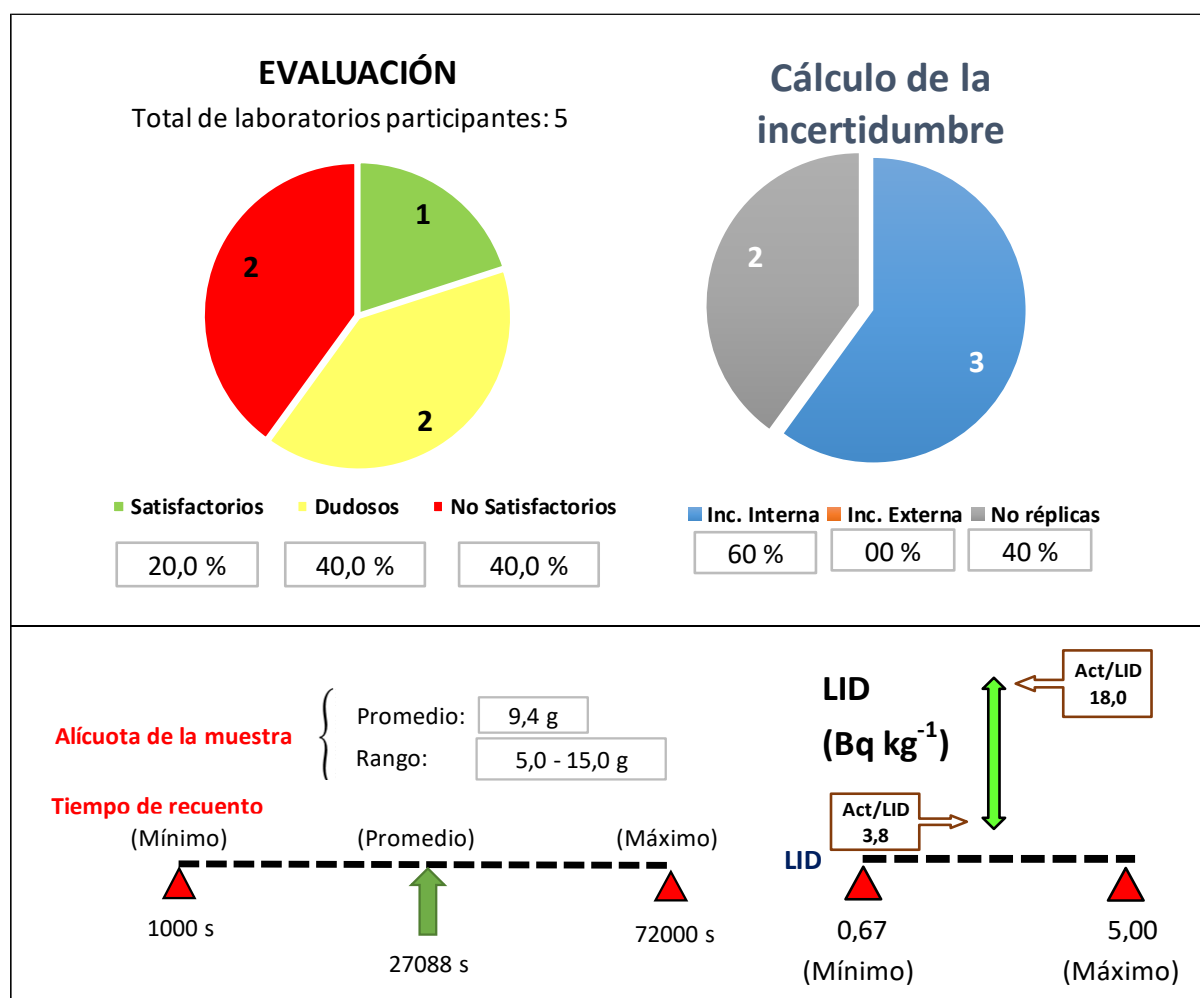


Figura 13. Evaluación de la determinación del $^{89}\text{Sr}+^{90}\text{Sr}$ en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas.

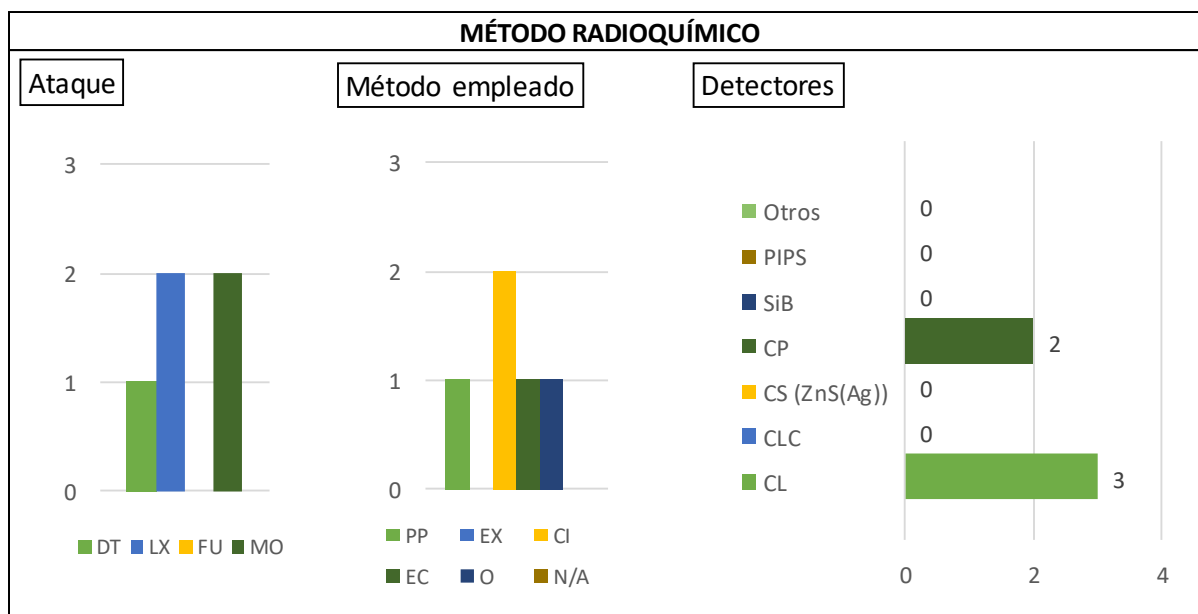


Figura 14. Métodos y detectores utilizados para la determinación del $^{89}\text{Sr}+^{90}\text{Sr}$ en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

La Tabla 9 muestra el resumen de los parámetros estadísticos para el $^{89}\text{Sr}+^{90}\text{Sr}$. Los resultados mostraron una elevada dispersión, como pone de manifiesto el coeficiente de variación del 27,56%. Sin embargo, el número de participantes fue muy reducido y no se pueden obtener más conclusiones que la elevada dispersión, en base al coeficiente de variación y el rango de los resultados obtenidos por los laboratorios. Sin embargo, en la Figura 15 se han representado el histograma con la curva de densidad, el gráfico de caja y bigote, el gráfico de violín y el histograma de los 5 resultados, de forma que se puedan visualizar los valores obtenidos por los laboratorios. Los cuatro gráficos permiten visualizar la dispersión observada también en los parámetros estadísticos mostrados en la Tabla 9.

Tabla 9. Resumen de los parámetros estadísticos del $^{89}\text{Sr}+^{90}\text{Sr}$.

Parámetro	Valor
1. Número de laboratorios	5
2. Media aritmética	15,6 ± 4,3
3. Mediana	14,4
4. Rango	[10,89-21,27]
5. Coeficiente de variación	27,56 %
6. Skewness	0,28
7. Curtosis	1,54

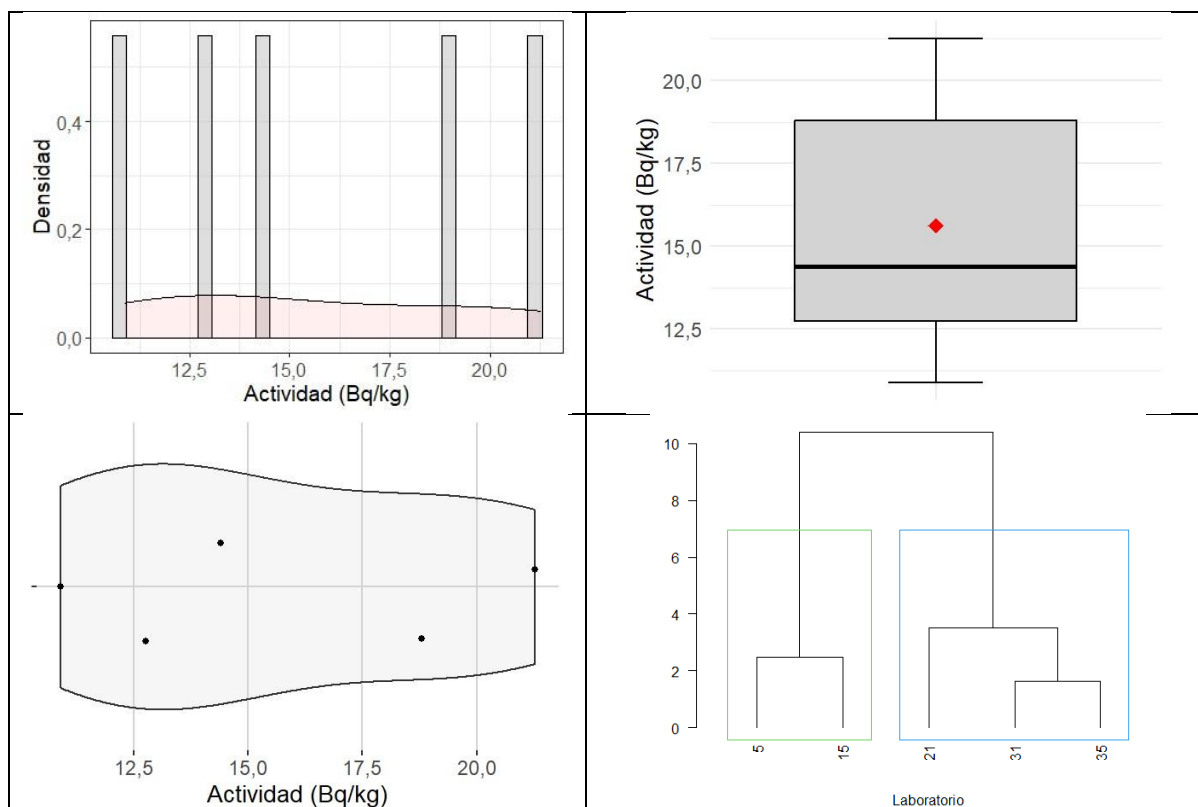


Figura 15. Parámetros estadísticos obtenidos para el análisis de los resultados del $^{89}\text{Sr}+^{90}\text{Sr}$ en la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 72 horas.

13.3. ^{54}Mn

La Figura 16 muestra la evaluación obtenida en la determinación de la concentración de actividad del ^{54}Mn en la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 72 horas. El 88,9% de los laboratorios obtuvieron una evaluación satisfactoria mientras que 3 laboratorios, que representan el 11,1%, obtuvieron una evaluación no satisfactoria. El 74% de los laboratorios sólo realizó una medida de la muestra frente a los restantes 7 laboratorios que realizaron más de una determinación. La alícuota tomada osciló entre 24 y 200 g y el tiempo medio de medida fue de 124.892 s siendo el valor máximo de 259.200 s que quizás se puede considerar excesivo para el objetivo de este análisis. Por otra parte, los LID fueron satisfactorios obteniéndose un valor mínimo de 0,39 Bq kg⁻¹, obteniéndose una ratio Act/LID de 3,3 veces lo que garantiza unas medidas reproducibles. Todas las muestras fueron medidas mediante la técnica espectrometría gamma utilizando los detectores que se muestran en la Figura 17. Cuatro laboratorios realizaron la corrección por suma de coincidencias reales, sin embargo, el ^{54}Mn no sufre coincidencias. La distribución de los valores mostró un valor de *skewness* de 1,52 que indica un sesgo positivo que es debido a la influencia de los 3 valores atípicos. Asimismo, el valor de *curtosis* de 4,81 mostró que la distribución era leptocúrtica pese a los tres valores atípicos (Tabla 10). El histograma y gráfico de densidad (Figura 18) confirmaron los parámetros estadísticos anteriores, observándose los 3 valores atípicos en el gráfico de diagrama de caja y bigotes. El gráfico de violín mostró la dispersión de los resultados, así como los valores que causaron el sesgo positivo (laboratorios 2, 11 y 36).

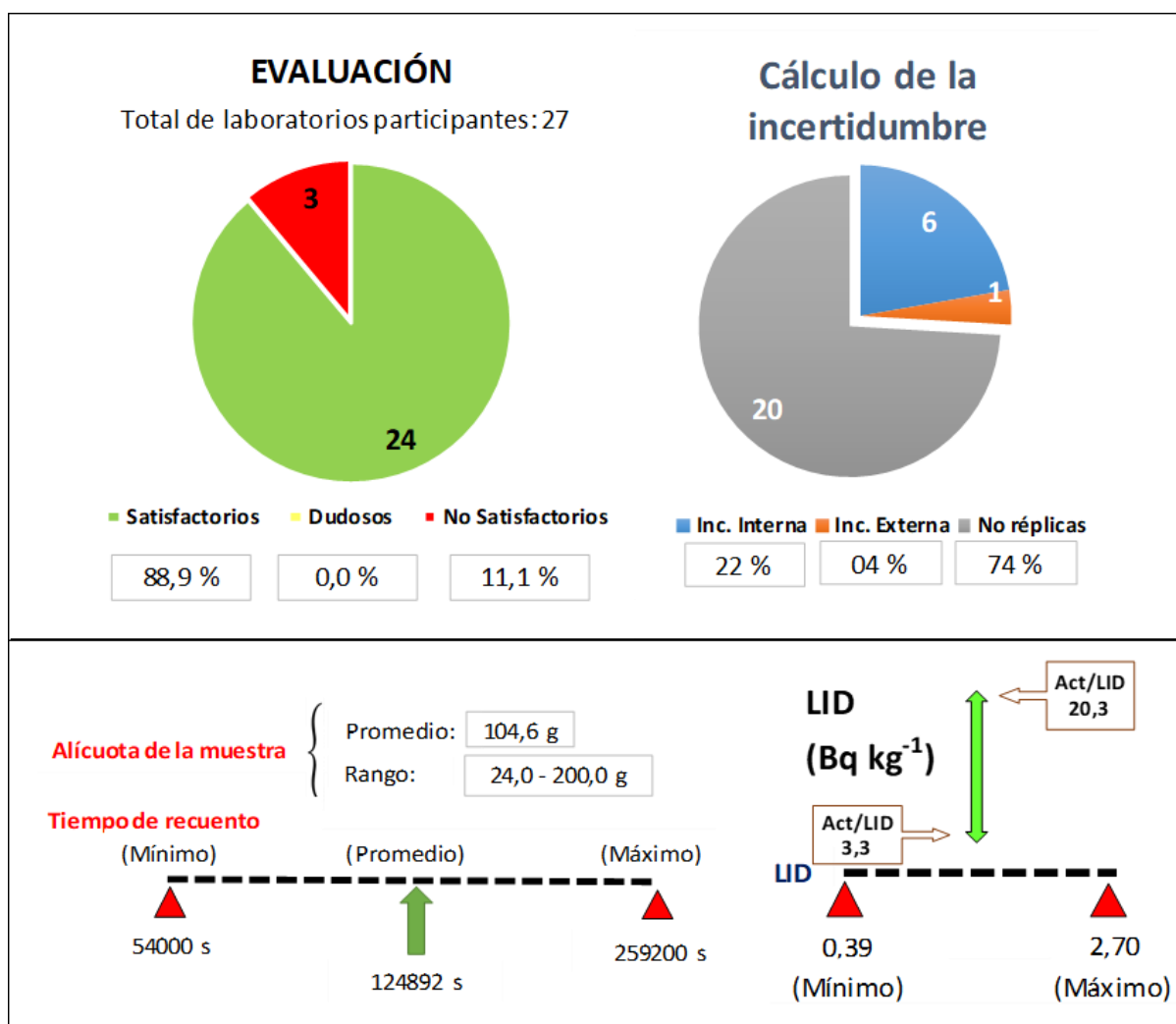


Figura 16. Evaluación de la determinación del ^{54}Mn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas.

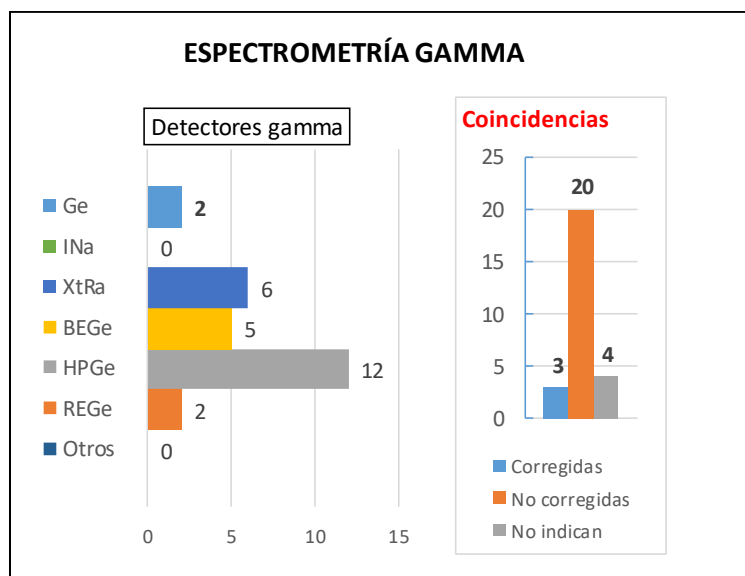
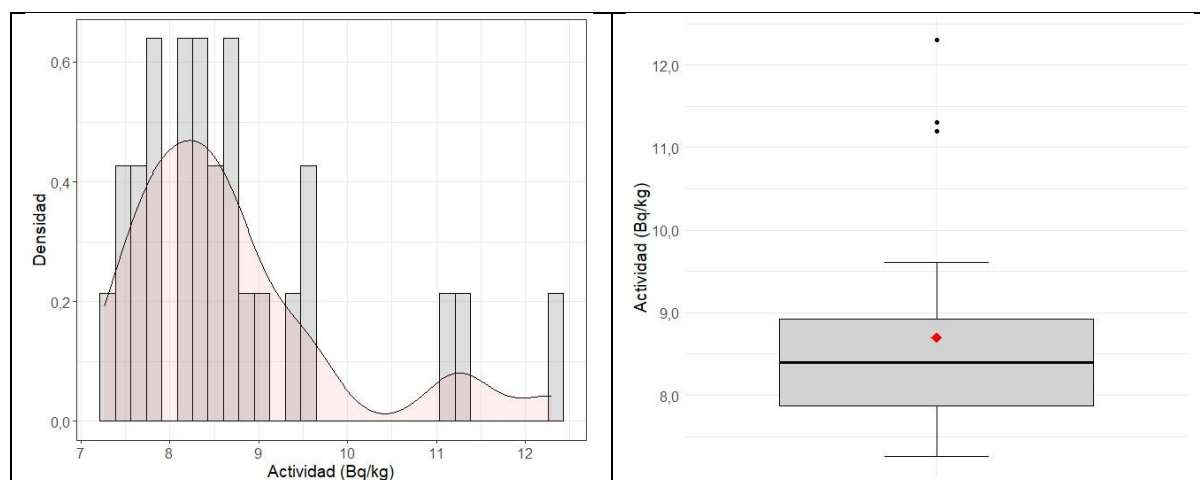


Figura 17. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{54}Mn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) ReGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio.

Tabla 10. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{54}Mn .

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	27	laboratorios
2. Media aritmética	$8,7 \pm 1,2$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	8,4	Bq kg^{-1}
4. Rango	[7,26-12,3]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	14,5	%
6. Skewness	1,52	-
7. Curtosis	4,81	-



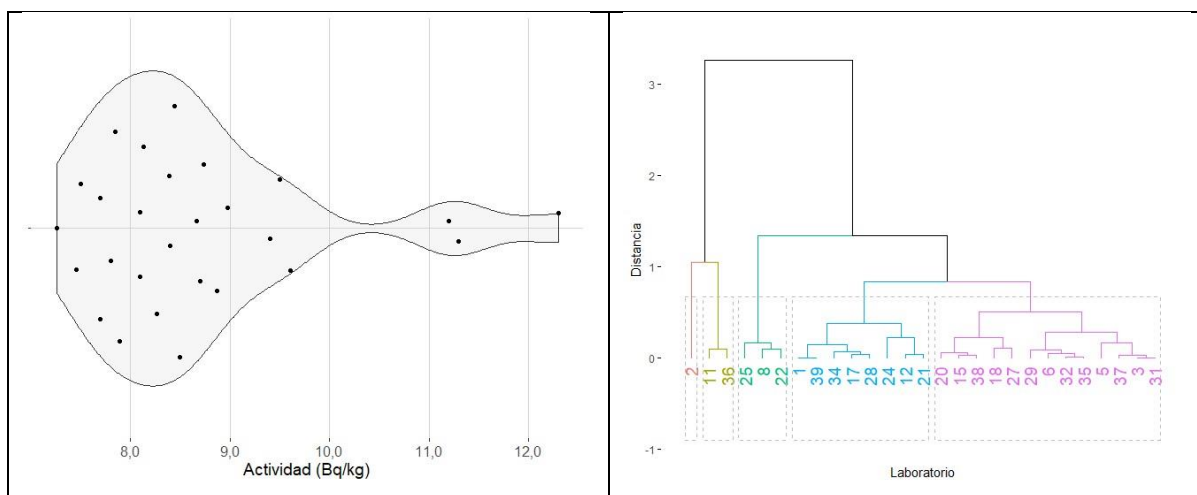


Figura 18. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{54}Mn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

13.4. ^{60}Co

El 96,3% de los laboratorios obtuvieron una evaluación satisfactoria y solo un laboratorio obtuvo una evaluación no satisfactoria (Figura 19). El 26% de los laboratorios realizó una única determinación mientras que 8 laboratorios realizaron más de una determinación. La alícuota promedio fue de 104,6 g con un rango comprendido entre 24 y 200 g. La ratio entre la concentración de actividad y el LID fue superior a 2,5 veces con un LID máximo de 3,20 Bq kg⁻¹. Las muestras se midieron en su totalidad con la técnica de espectrometría gamma utilizando los detectores recogidos en la Figura 20. Seis laboratorios realizaron la corrección de la suma de coincidencias reales (siglas en inglés TCS) que en el caso del ^{60}Co son importantes. Sin embargo, las concentraciones de actividad obtenidas por los laboratorios no mostraron dicha corrección en la exactitud de sus resultados. La Tabla 11 muestra como la media y la varianza son iguales y como existía un ligero sesgo positivo en los datos que aplanaba la curva de densidad de probabilidad al ser el valor del *skewness* superior a 0 y la curtosis superior a 4 que indicaría una distribución leptocúrtica. Estos resultados se reflejan en los diferentes gráficos mostrados en la Figura 21. El sesgo positivo se produjo por los resultados de los laboratorios 11 y 36 que, como ocurrió en el caso del ^{54}Mn , informaron resultados ligeramente más altos que los restantes laboratorios.

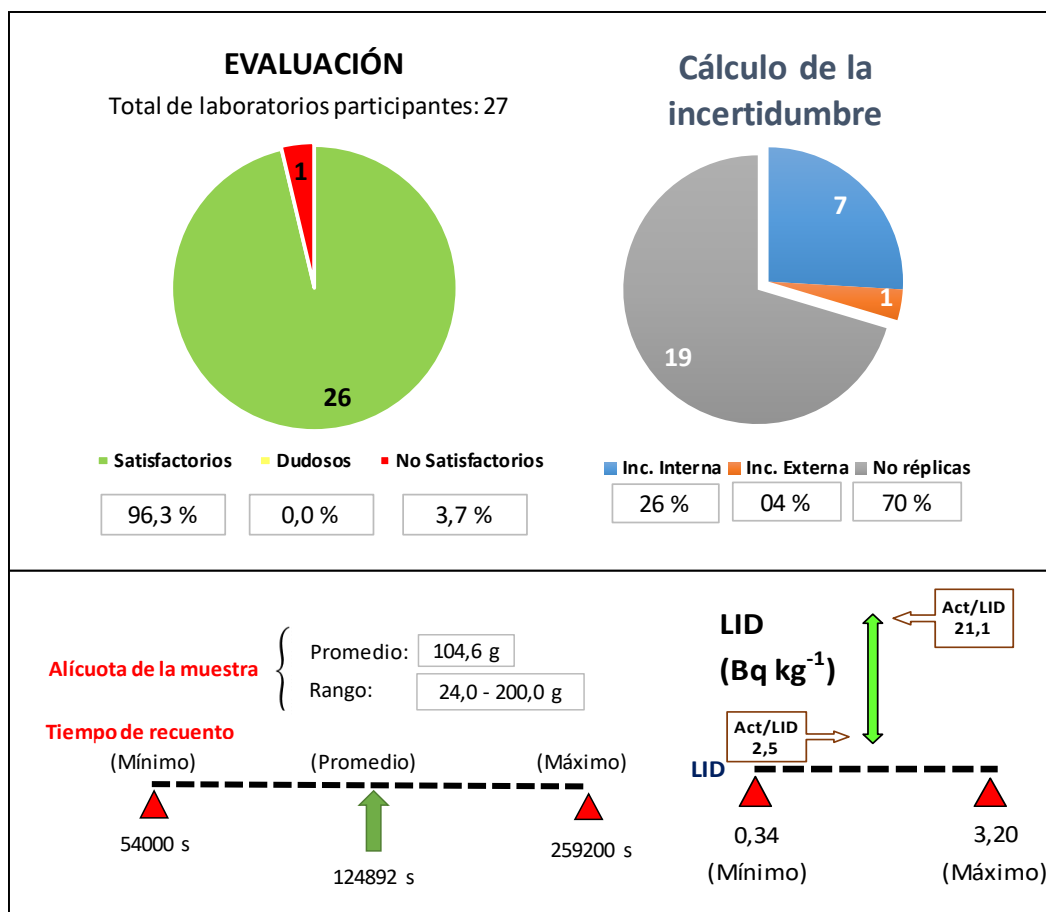


Figura 19. Evaluación de la determinación del ^{60}Co en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas.

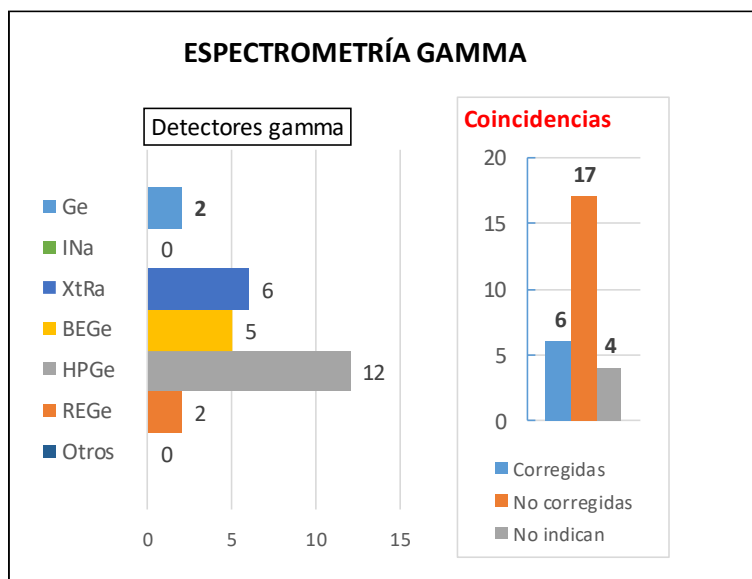


Figura 20. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{60}Co en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) ReGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio.

Tabla 11. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{60}Co .

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	27	laboratorios
2. Media aritmética	$7,2 \pm 0,9$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	7,2	Bq kg^{-1}
4. Rango	[5,8-9,8]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	12,7	%
6. Skewness	0,87	-
7. Curtosis	4	-

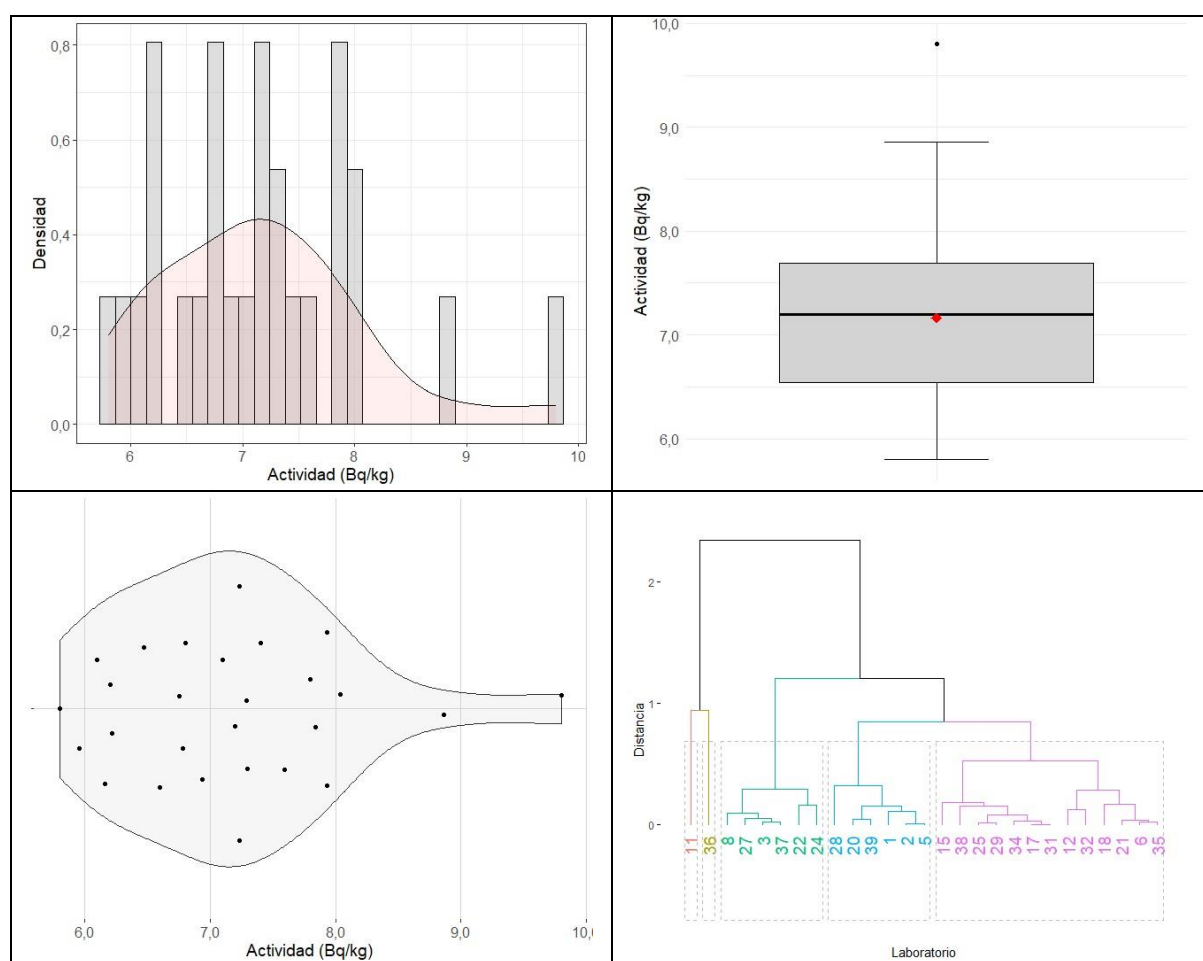


Figura 21. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{60}Co en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

13.5. ^{65}Zn

El 95,8% de los laboratorios obtuvieron resultados satisfactorios y únicamente el laboratorio 20 obtuvo un resultado no satisfactorio (Figura 22). El 21% de los laboratorios realizó más de una determinación mientras que los restantes laboratorios sólo realizaron una determinación o no lo indicaron. La alícuota media utilizada en los análisis fue de 98,8 g con un rango comprendido entre 24 y 200 g utilizando un tiempo de medida medio de 119141 s. La ratio entre la concentración de actividad y el LID fue como mínimo de 1,5 veces con un LID máximo de 5,44 Bq kg⁻¹. Los 24 laboratorios utilizaron la espectrometría gamma para informar de sus resultados utilizando los detectores que se presentan en la Figura 23. Dos laboratorios realizaron la corrección por TCS mientras que los restantes laboratorios no la realizaron o bien no lo indicaron. El ^{65}Zn sufre suma de coincidencias en su emisión $\gamma_{2,0}$ de 1115,5 keV y las emisiones $\gamma_{2,1}$ de 344,9 keV y $\gamma_{1,0}$ de 770,6 keV, sin embargo, las intensidades de emisión son muy bajas y la probabilidad de que ocurran es muy reducida, por lo que estas correcciones no se apreciarían en los resultados. Los parámetros estadísticos de la Tabla 12 muestran como la media y la mediana son equivalentes (véase también el gráfico de caja y bigotes de la Figura 24). La distribución de las concentraciones de actividad mostró un ligero sesgo negativo por el resultado obtenido por el laboratorio 20 que se reflejó en el valor del *skewness* de -0,46.

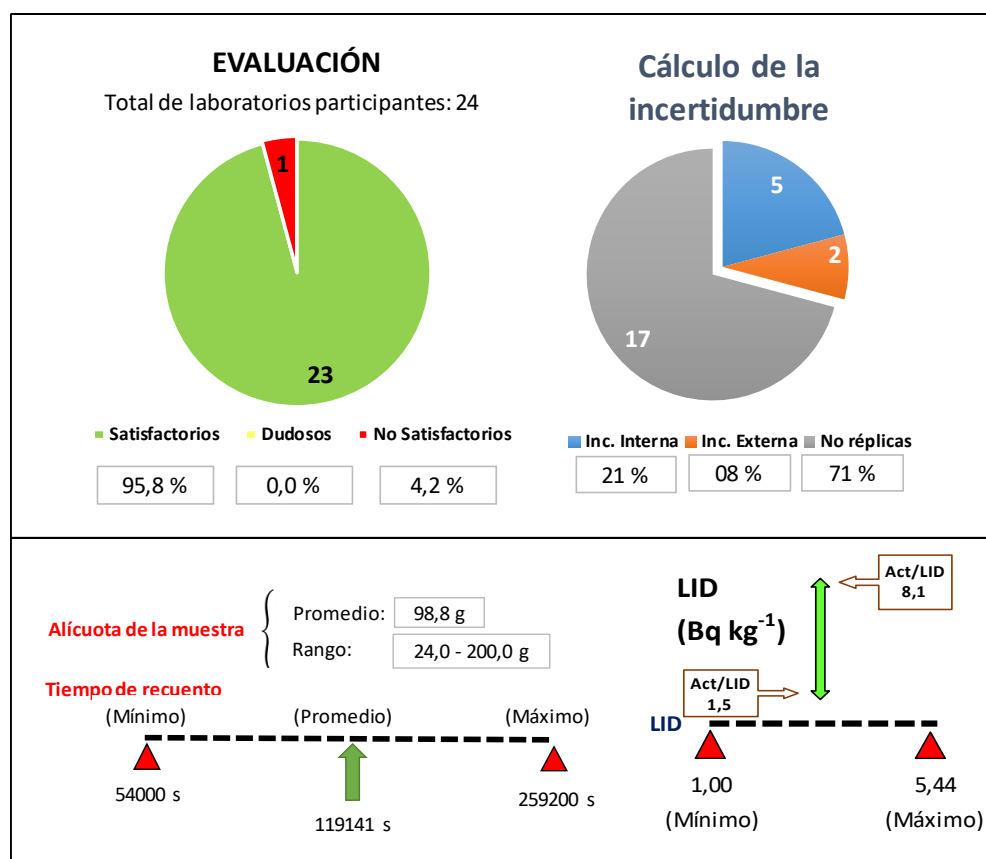


Figura 22. Evaluación de la determinación del ^{65}Zn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas.

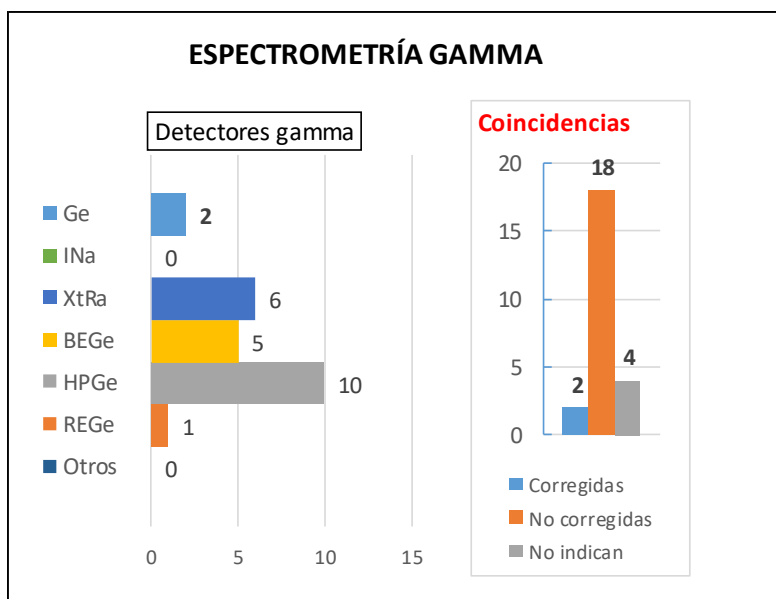
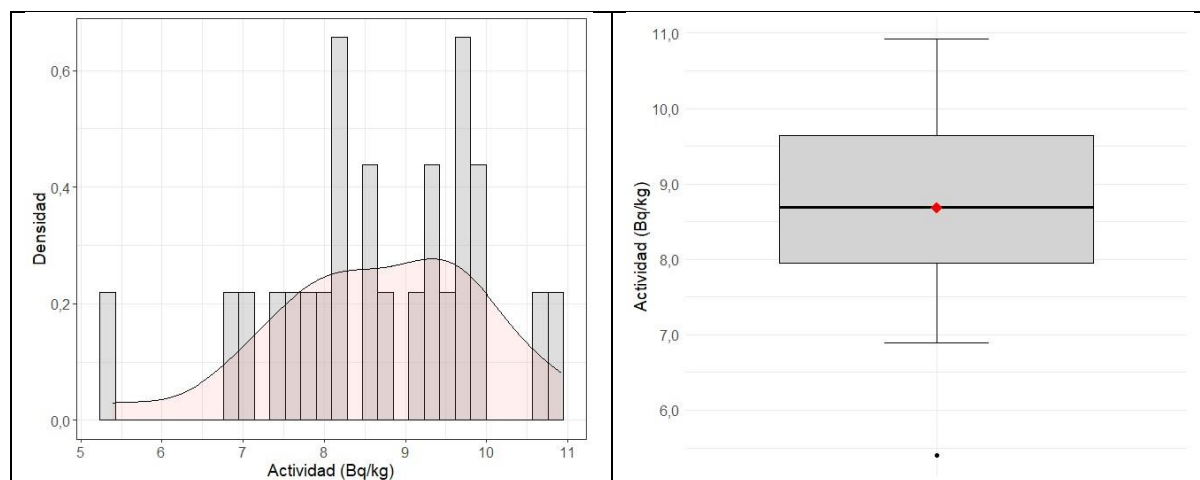


Figura 23. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{65}Zn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) ReGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio.

Tabla 12. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{65}Zn .

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	24	laboratorios
2. Media aritmética	$8,7 \pm 1,3$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	8,6955	Bq kg^{-1}
4. Rango	[5,4-10,92]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	14,91	%
6. Skewness	-0,46	-
7. Curtosis	3,07	-



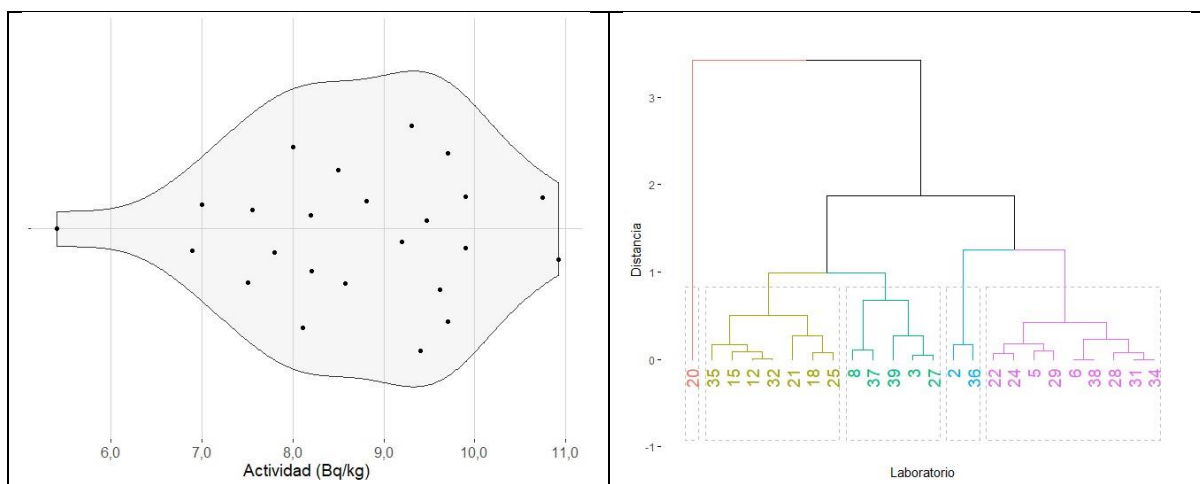


Figura 24. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{65}Zn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

13.6. ^{110m}Ag

El 95,2% de los laboratorios obtuvieron una evaluación satisfactoria exceptuando al laboratorio 32 que obtuvo un resultado no satisfactorio (Figura 25). El 19% de los laboratorios realizaron más de una determinación mientras que los restantes laboratorios realizaron una determinación o no lo indicaron. Todos los laboratorios utilizaron la técnica de medida de espectrometría gamma para informar sus resultados utilizando los detectores que se muestran en la Figura 26. La Tabla 13 refleja nuevamente una concordancia entre la media y la mediana de los valores informados por los laboratorios, con un coeficiente de variación del 15%. La distribución de los resultados fue simétrica (*skewness* de -0,08) y con una forma platicúrtica (curtosis igual a 2,11). Los gráficos de la Figura 27 confirman los valores estadísticos obtenidos en la Tabla 13). El dendograma muestra un reparto equitativo de las concentraciones de actividad informadas por los laboratorios que es coherente con la coincidencia entre la mediana y la media.

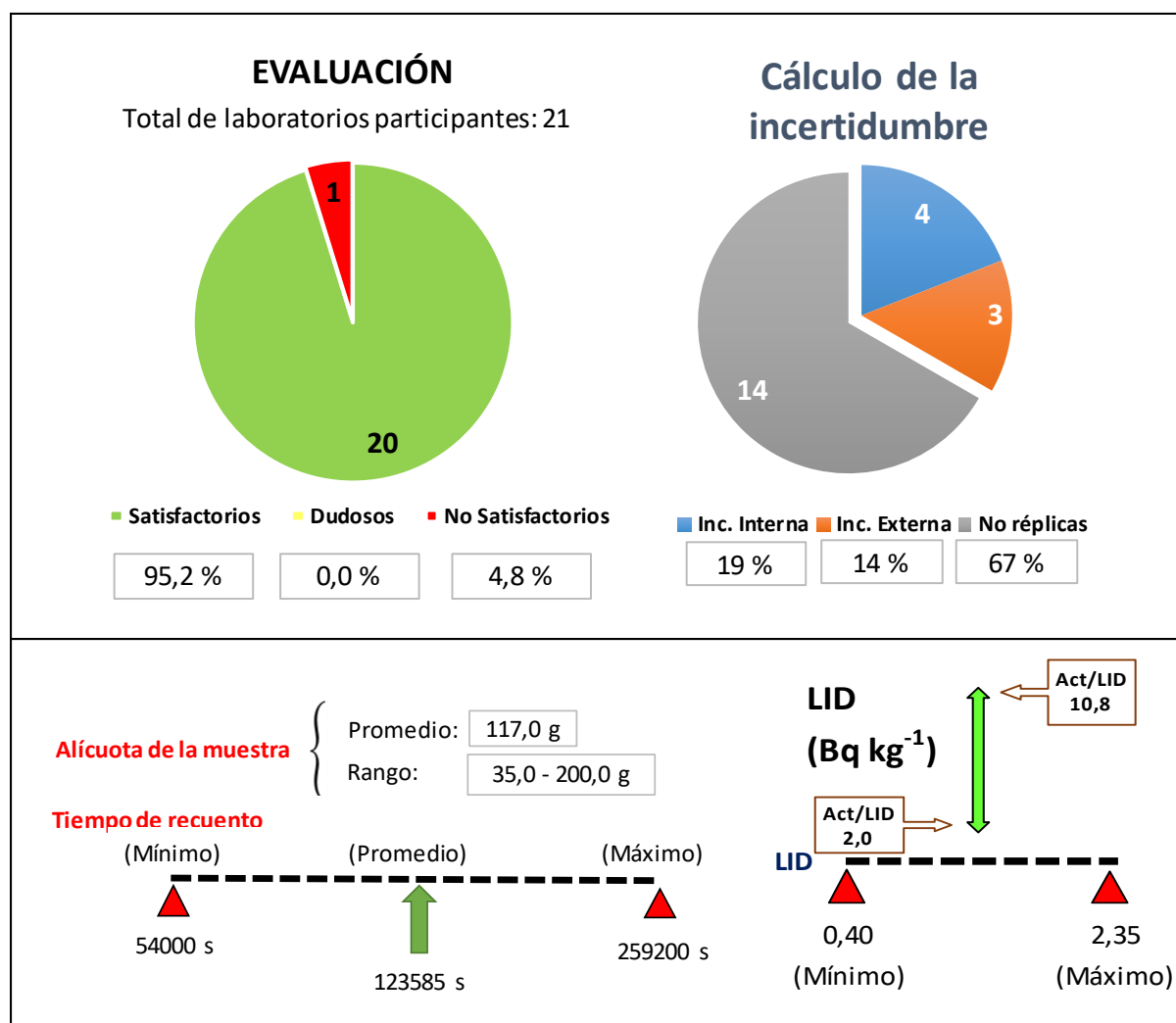


Figura 25. Evaluación de la determinación del ^{110m}Ag en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas.

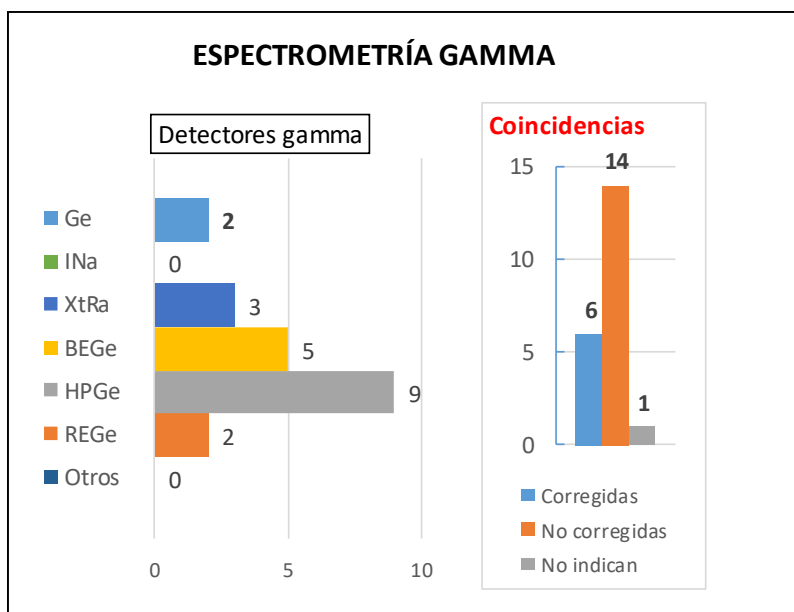
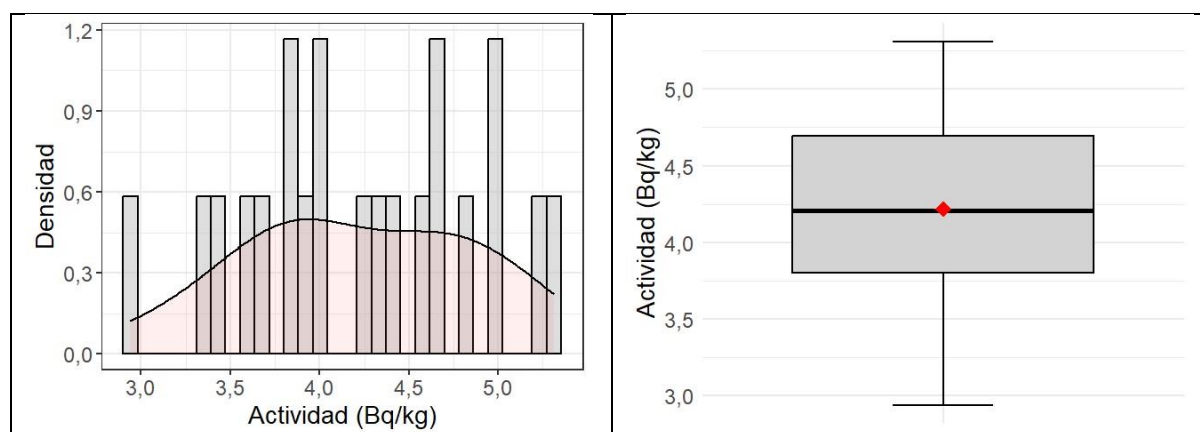


Figura 26. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{110m}Ag en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) ReGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio.

Tabla 13. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{110m}Ag .

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	21	laboratorios
2. Media aritmética	$4,2 \pm 0,7$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	4,21	Bq kg^{-1}
4. Rango	[2,94-5,31]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	15,42	%
6. Skewness	-0,08	-
7. Curtosis	2,11	-



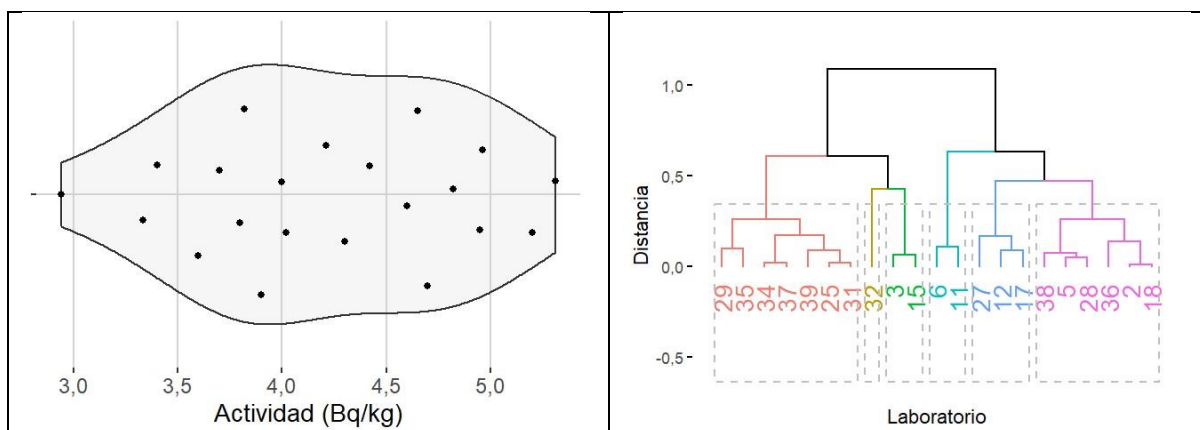


Figura 27. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{110m}Ag en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendrograma con las agrupaciones por laboratorio.

13.7. ^{134}Cs

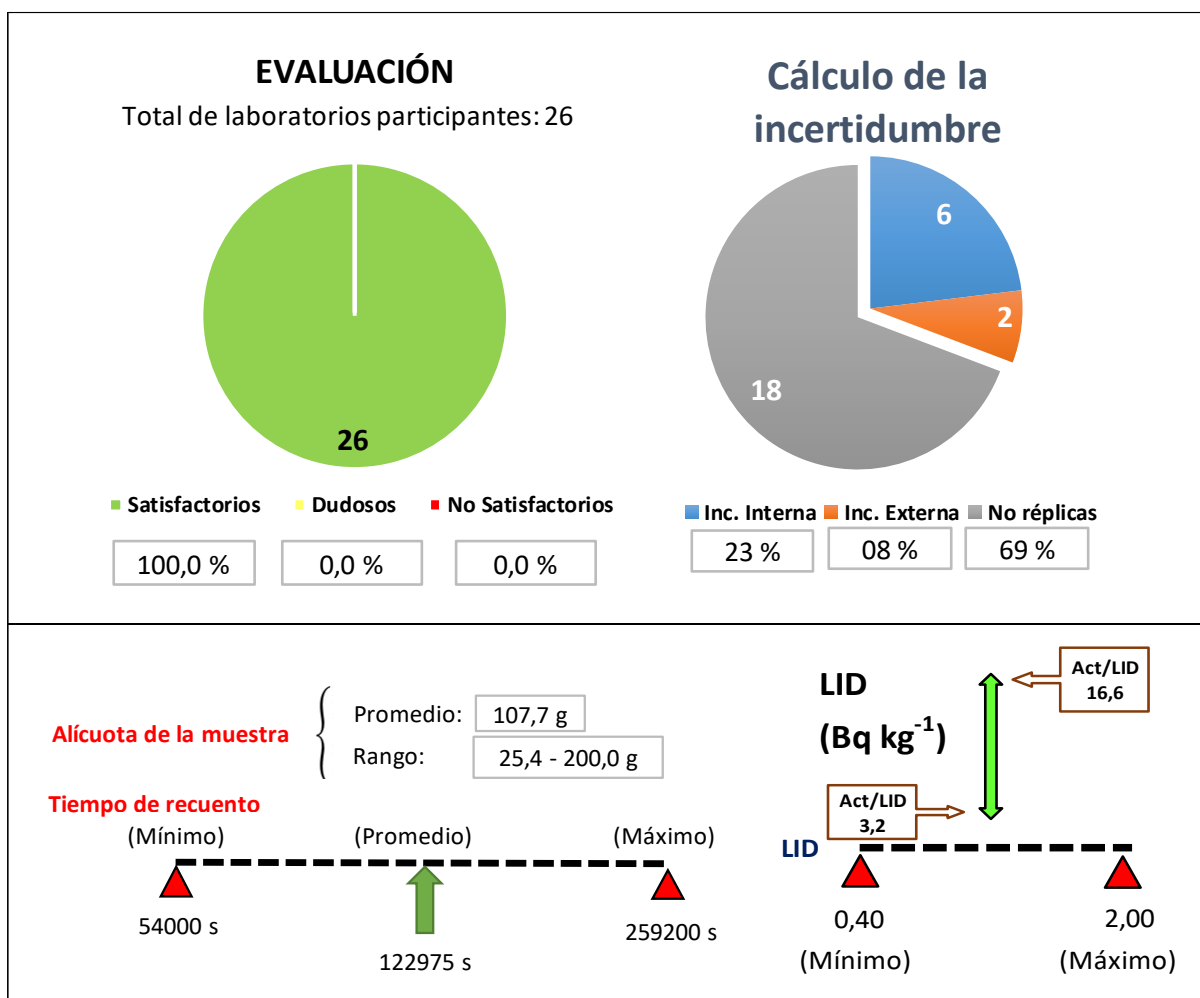


Figura 28. Evaluación de la determinación del ^{134}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas.

La Figura 28 muestra cómo los 26 laboratorios que participaron en la determinación de la concentración de actividad del ^{134}Cs obtuvieron una evaluación satisfactoria. El 69% de los laboratorios realizó una única determinación mientras que 8 e los 26 laboratorios realizó más de una determinación. El ^{134}Cs fue determinado en su totalidad mediante espectrometría gamma utilizando los detectores que se muestran en la Figura 29. El 46% de los laboratorios corrigió la TCS, que en el caso del ^{134}Cs son muy acusadas. La influencia de las correcciones por suma de coincidencias se evaluó utilizando el parámetro RMSE (Raíz del error cuadrático medio) respecto del valor añadido. El RMSE de los laboratorios que corrigieron las TCS fue de 0,76 mientras que el RMSE la de los laboratorios que no las corrigieron fue de 1,367. Por tanto, las concentraciones de actividad de los laboratorios que corrigieron las TCS fueron más precisos que aquellos que no lo hicieron (Figura 31).

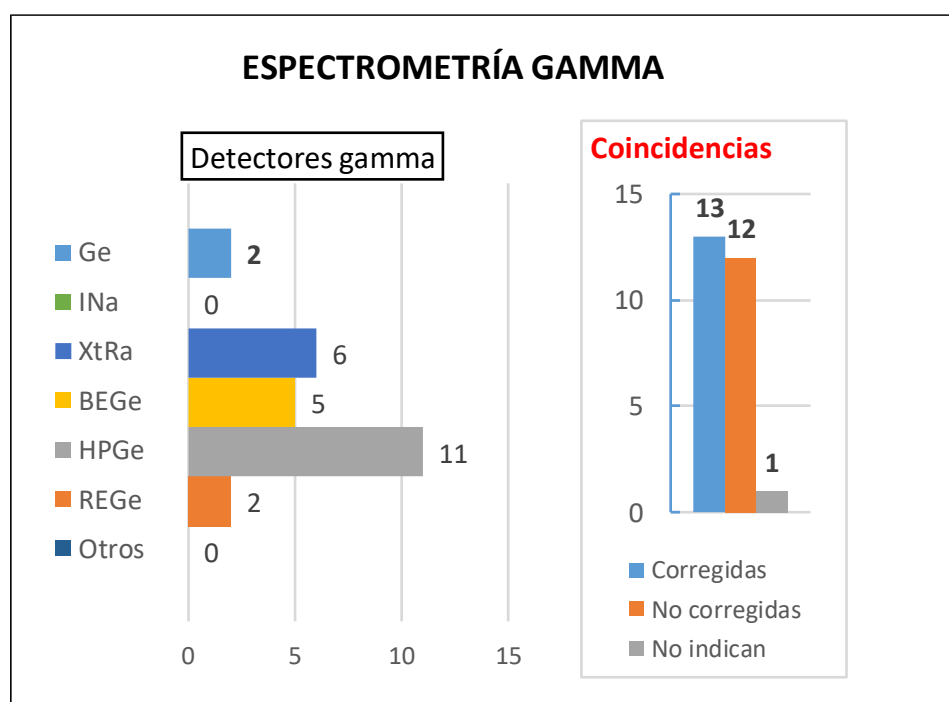


Figura 29. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{134}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) ReGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio.

Tabla 14. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{134}Cs .

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	26	laboratorios
2. Media aritmética	$7,6 \pm 1,0$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	7,72	Bq kg^{-1}
4. Rango	[5,78-9,6]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	13,34	%
6. Skewness	0,26	-
7. Curtosis	2,35	-

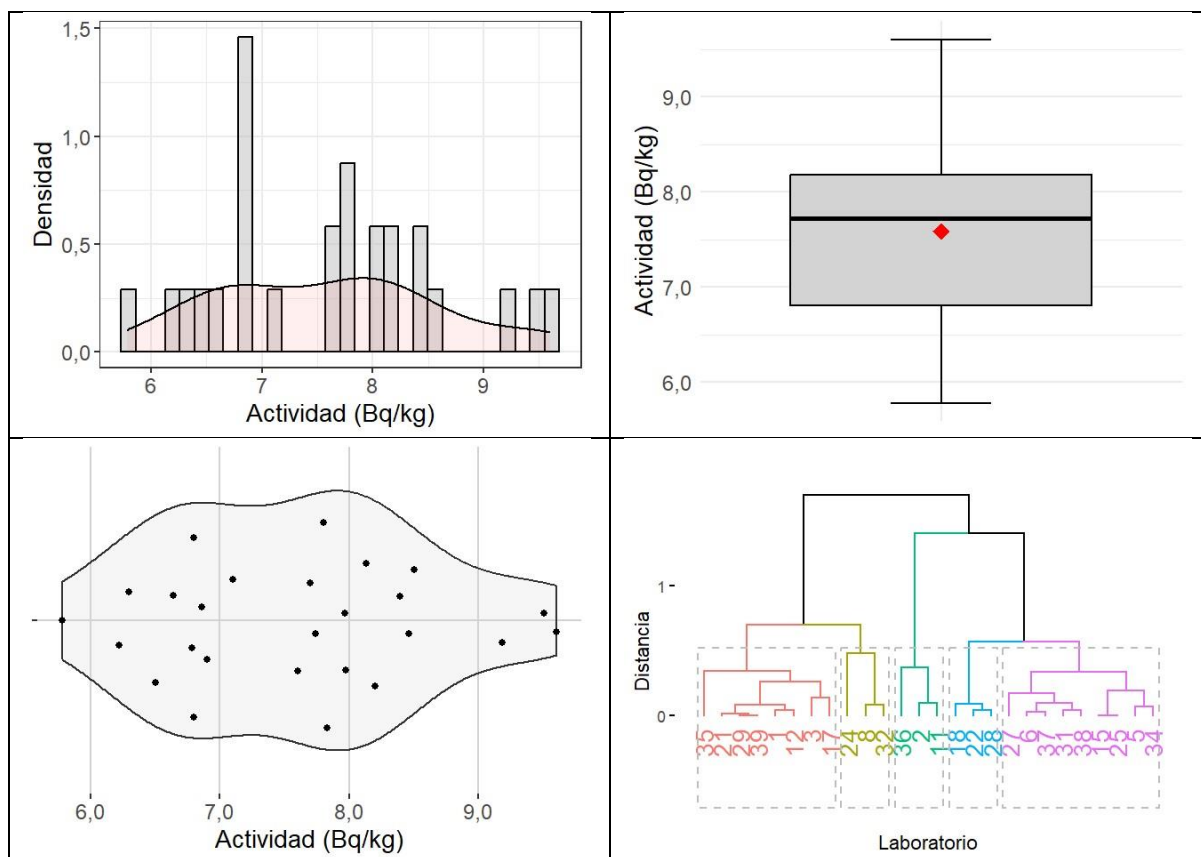


Figura 30. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{134}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

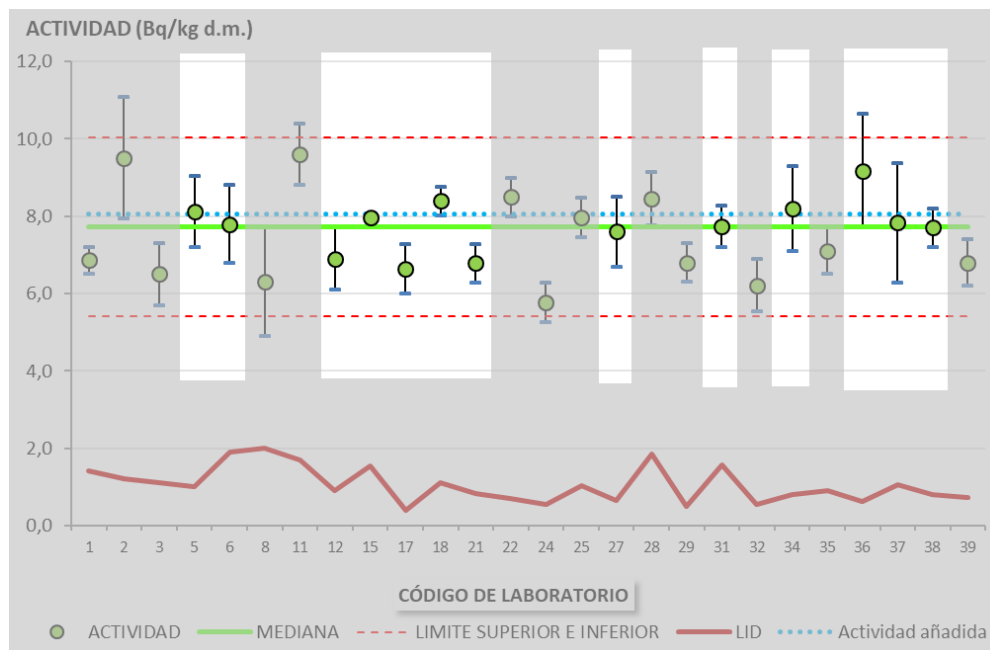


Figura 31. Resultados obtenidos por los laboratorios que utilizando la corrección por suma de coincidencias reales (TCS) en la determinación del ^{134}Cs .

13.8. ^{137}Cs

El 92,6% de los laboratorios obtuvieron una evaluación satisfactoria mientras que 2 laboratorios, el 1 y el 32, obtuvieron una evaluación no satisfactoria (Figura 32). El 74% de los laboratorios realizó únicamente una determinación mientras que 7 laboratorios lo hicieron con más de una determinación. La alícuota media fue de 103,7 g y el tiempo medio de medida fue de 124892 s, llegando algún laboratorio a medir durante 259200 s (justo 72 h, incompatible con el plazo solicitado). La relación entre la concentración de actividad y LID fue como mínimo de 1,9 veces llegando a una ratio de 22,3 veces debido principalmente a los tiempos de recuento tan elevados. Los detectores gamma utilizados para la determinación de la concentración de actividad se presentan en la Figura 33. El ^{137}Cs no sufre TCS, sin embargo, 3 laboratorios indicaron que se realizaron las correcciones por suma de coincidencias reales (TCS). Los valores estadísticos reflejados en la Tabla 15 muestran que la mediana fue mayor que la media aritmética ya que los laboratorios 1 y 32 dieron resultados de 3,51 y 3,17 Bq kg⁻¹. El sesgo negativo producido por estos resultados se vio reflejado en el valor del *skewness* de -1,08 y el histograma con la curva de densidad de probabilidad de la distribución (Figura 34). Los resultados causantes del sesgo negativo se reflejaron también en la forma del gráfico de violín y en el dendograma.

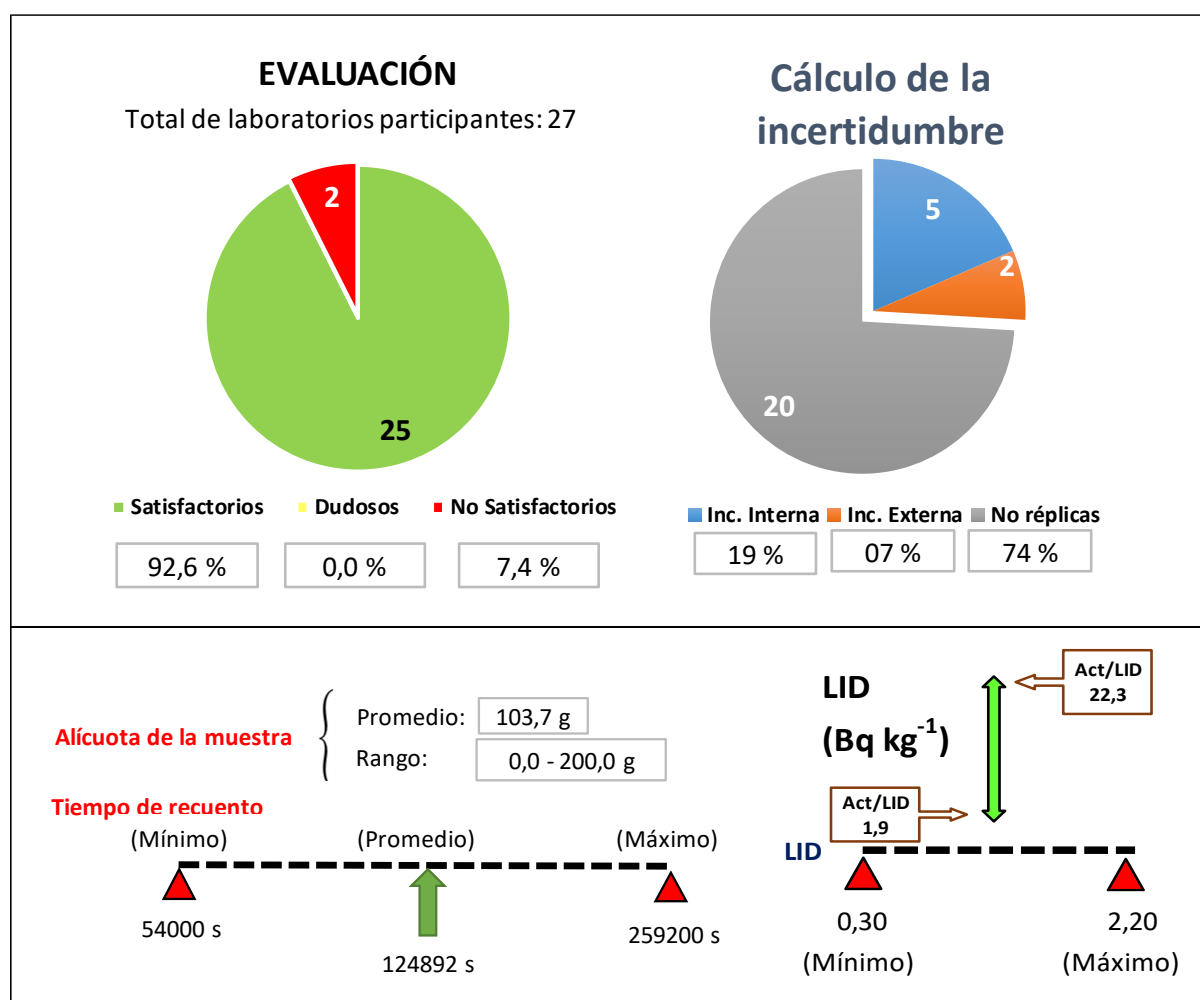


Figura 32. Evaluación de la determinación del ^{137}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas.

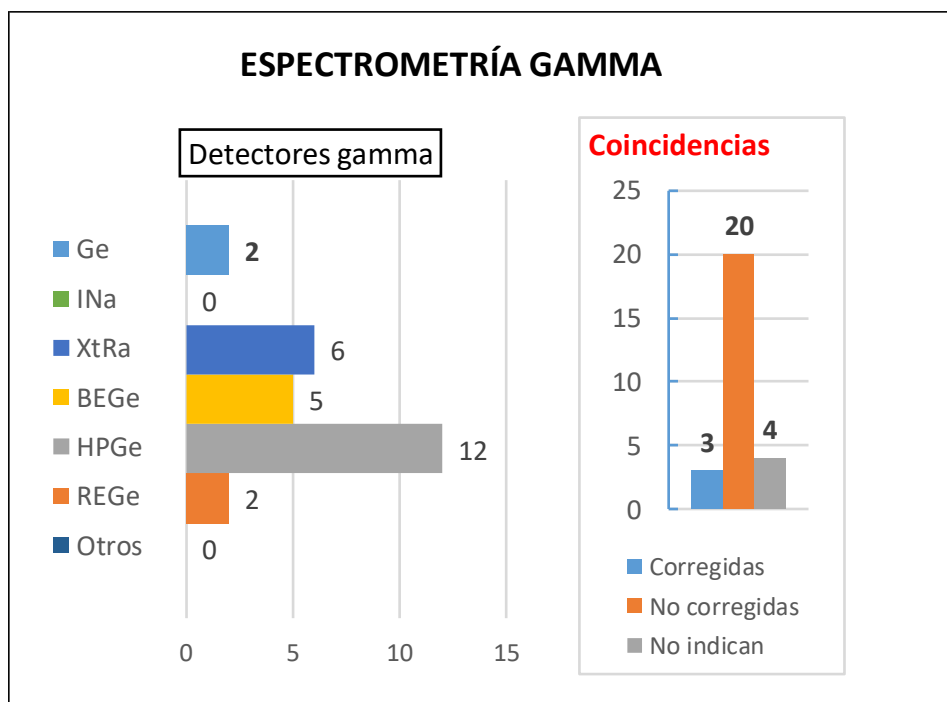


Figura 33. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{137}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) ReGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio.

Tabla 15. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{137}Cs .

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	27	laboratorios
2. Media aritmética	6,2 ± 1,1	Bq kg ⁻¹
3. Mediana	6,4	Bq kg ⁻¹
4. Rango	[3,2-8,2]	Bq kg ⁻¹
5. Coeficiente de variación	17,37	%
6. Skewness	-1,08	-
7. Curtosis	2,78	-

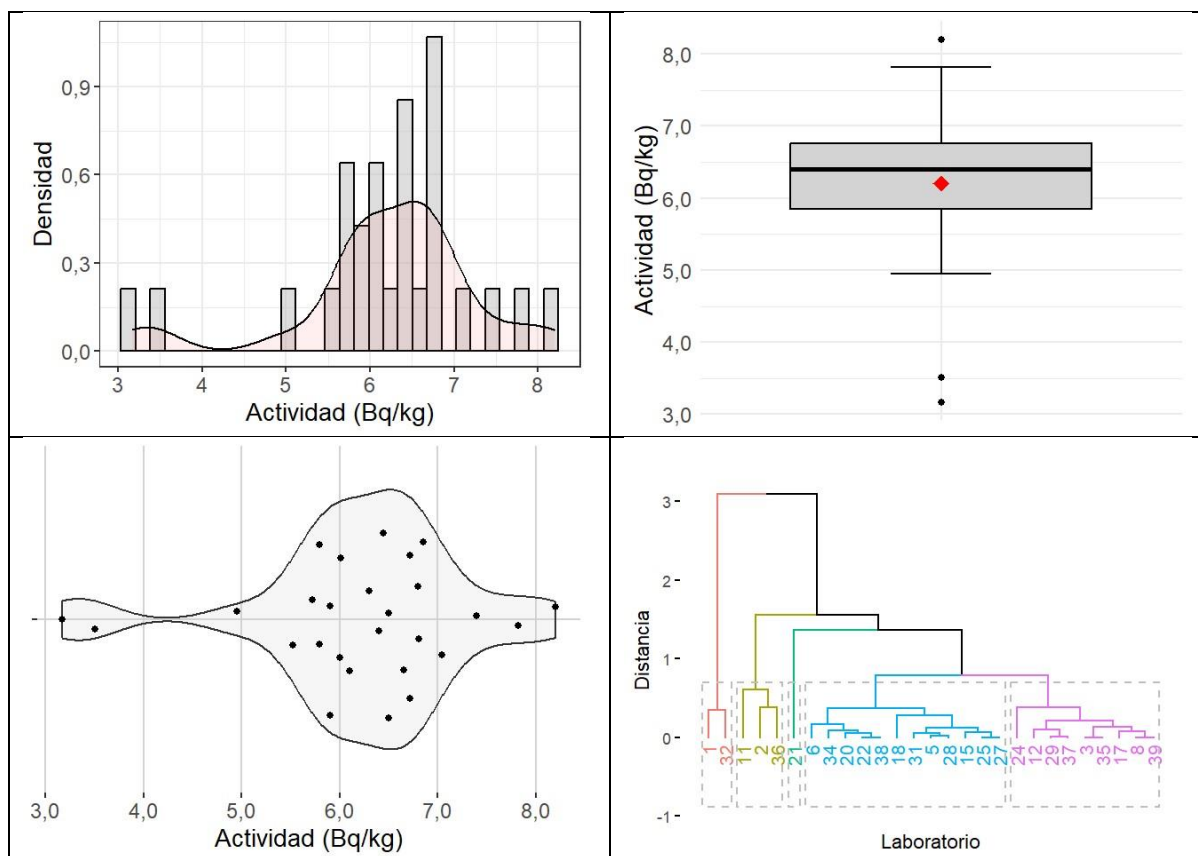


Figura 34. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{137}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

13.9. Índice de actividad alfa total

El índice de actividad alfa total obtuvo una peor calificación que los análisis anteriores. El total de laboratorios que participaron en la determinación del índice de actividad alfa total fue de 18, de los cuales 10 detectaron actividad y únicamente el 22,3% de ellos obtuvo una evaluación satisfactoria (Figura 35). El 61% de los laboratorios realizó una única determinación utilizando una alícuota promedio de 0,4 g. Las alícuotas fueron en algunos casos muy elevadas siendo incluso de 5,5 g, que tendría una autoabsorción excesivamente elevada. La relación entre el índice de actividad y el límite de detección estuvo comprendida entre 0,1 y 36,1 veces. Los laboratorios 15 y 21 obtuvieron un valor de Act/LID de 0,13 y 0,16 respectivamente debido a que informaron un LID por encima de la concentración de actividad, sin embargo, estos resultados fueron tenidos en cuenta en la evaluación de los resultados. La mayoría de los laboratorios (15 laboratorios) utilizaron el contador proporcional de flujo continuo de gas, 2 laboratorios el centelleo sólido de $\text{ZnS}(\text{Ag})$ y uno el centelleo líquido (Figura 36). El límite de detección obtenido por el laboratorio 12, que utilizó el centelleo líquido, fue muy inferior al resto de laboratorios. Este LID podría estar justificado por el rendimiento de detección de esta técnica (del 100%) aunque el fondo sea mucho más elevado que el contador proporcional y centelleo sólido de $\text{ZnS}(\text{Ag})$. Los índices de actividad informados fueron muy heterogéneos, como muestra el coeficiente de variación de 125% (Tabla 16), con un elevado sesgo positivo según indica el valor de 1,18 del *skewness*. Los gráficos de la Figura 37 reflejan gráficamente la dispersión observada en los parámetros estadísticos. El

dendograma muestra una agrupación de los laboratorios 21, 15, 29,24,25, 22 y 36 y otros laboratorios que causaron el sesgo positivo representados por los laboratorios 12, 6 y 27.

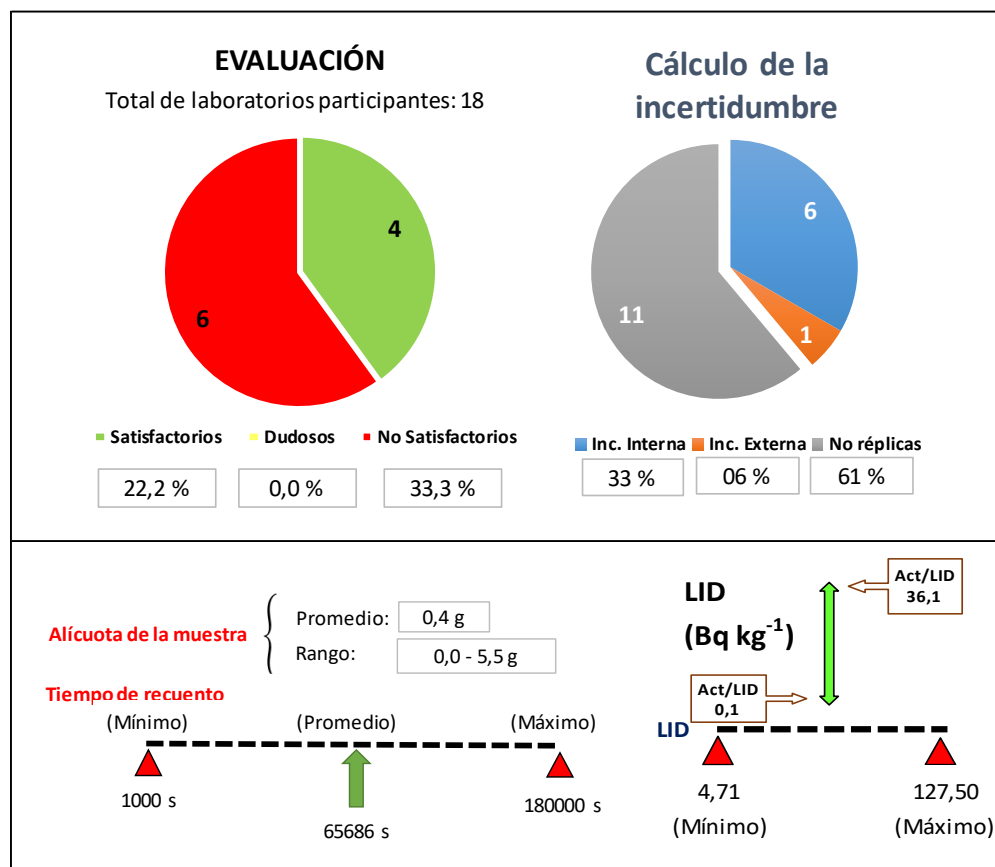


Figura 35. Evaluación de la determinación del Índice de actividad alfa total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas

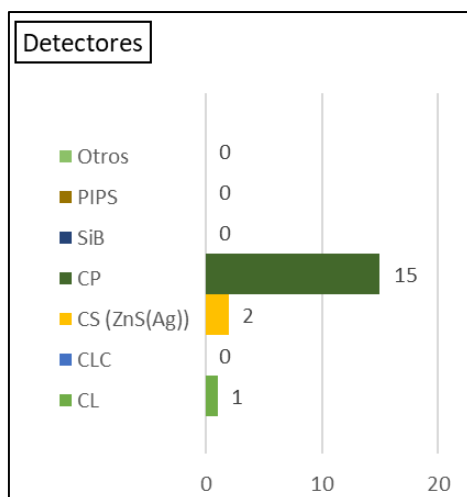


Figura 36. Detectores utilizados para la determinación del Índice de actividad alfa total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas. Las siglas de los detectores utilizado para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS (ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido.

Tabla 16. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el Índice de actividad alfa total.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	10	laboratorios
2. Media aritmética	96,7 ± 121,8	Bq kg ⁻¹
3. Mediana	37,35	Bq kg ⁻¹
4. Rango	[5,174-345]	Bq kg ⁻¹
5. Coeficiente de variación	125,94	%
6. Skewness	1,18	-
7. Curtosis	2,78	-

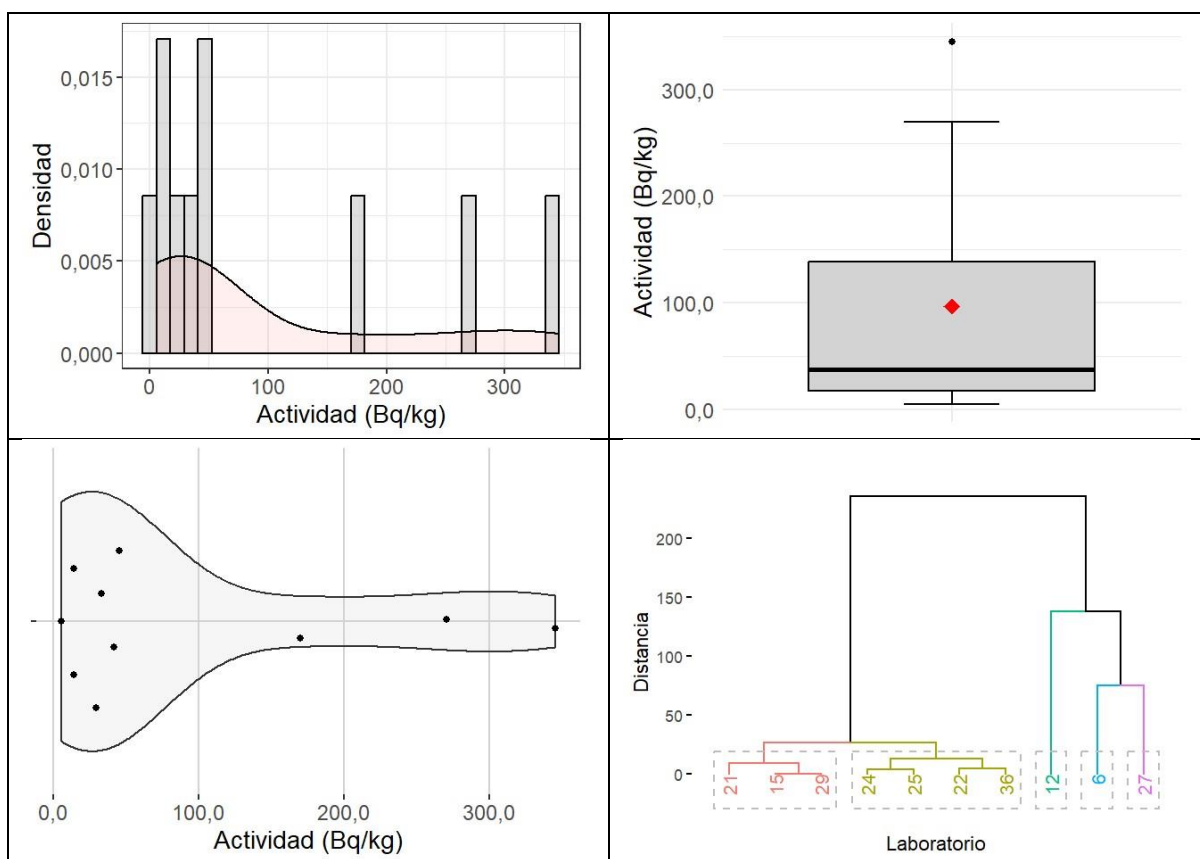


Figura 37. Gráficos estadísticos de los resultados del Índice de actividad alfa total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

13.10. Índice de actividad beta total

El 94,7% de los laboratorios obtuvieron una evaluación satisfactoria para el índice de actividad beta total mientras que el laboratorio 1 obtuvo un resultado dudoso. El 53% de los laboratorios realizaron una única determinación mientras que 9 laboratorios realizaron más de una determinación. El rango de la alícuota utilizada fue equivalente a la empleada para el índice de actividad alfa total. La relación entre la actividad y el LID fue muy superior a la del índice de actividad alfa total ya que estuvo comprendida entre 6,5 y 242,8 veces. El tiempo de medida

medio fue de 64755 s. La mayoría de los laboratorios (94,7%) utilizaron contadores proporcionales de flujo continuo de gas, mientras que el laboratorio 12 midió las muestras con un detector de centelleo líquido.

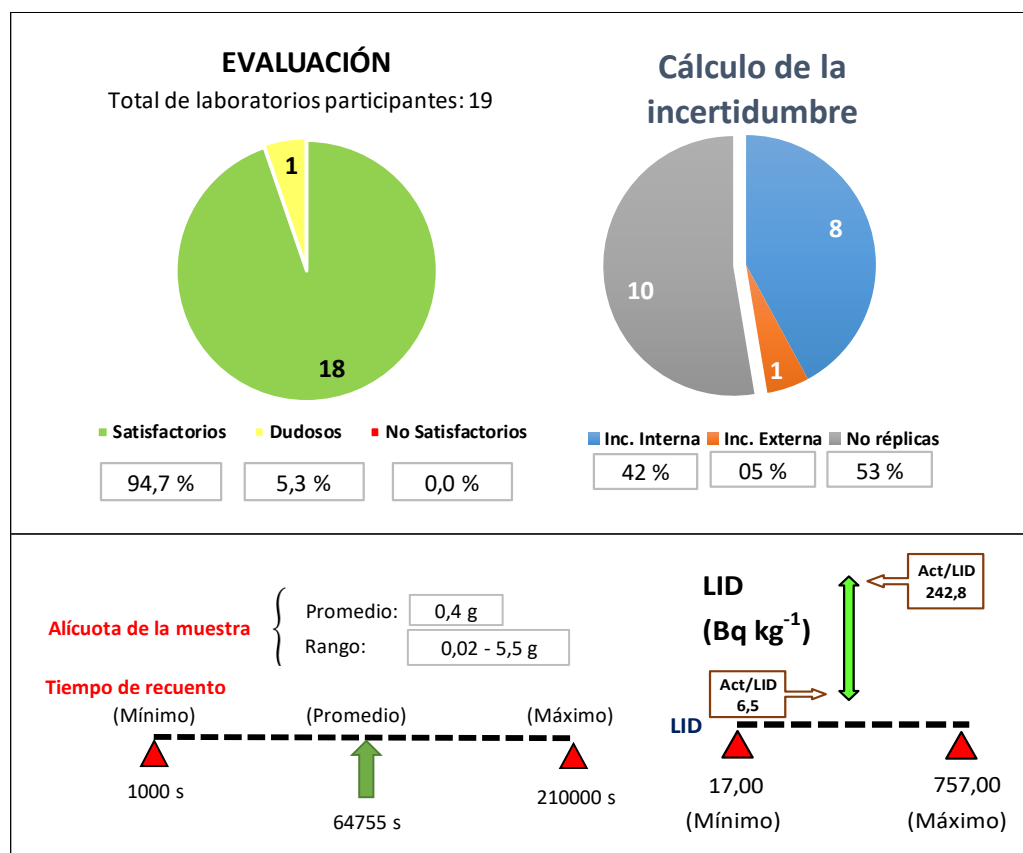


Figura 38. Evaluación de la determinación del Índice de actividad beta total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas.

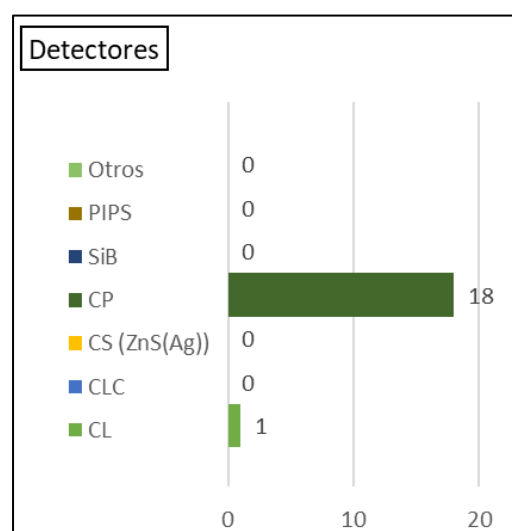


Figura 39. Detectores utilizados para la determinación del Índice de actividad beta total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas.

La Tabla 17 muestra los parámetros estadísticos de los resultados informados por los diferentes laboratorios para el índice de actividad beta total. El coeficiente de variación fue muy satisfactorio siendo de un 11,6%, que es equivalente a la distribución de los resultados mostrada por el histograma, diagrama de caja y bigotes, dendograma y gráfico de violín (Figura 40). Asimismo, el valor de *skewness* fue coherente con el sesgo negativo observado en el histograma y función de densidad de probabilidad.

Tabla 17. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el Índice de actividad beta total.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	19	laboratorios
2. Media aritmética	4577,2 ± 528,4	Bq kg ⁻¹
3. Mediana	4690	Bq kg ⁻¹
4. Rango	[3306-5315]	Bq kg ⁻¹
5. Coeficiente de variación	11,55	%
6. <i>Skewness</i>	-0,72	-
7. Curtosis	2,91	-

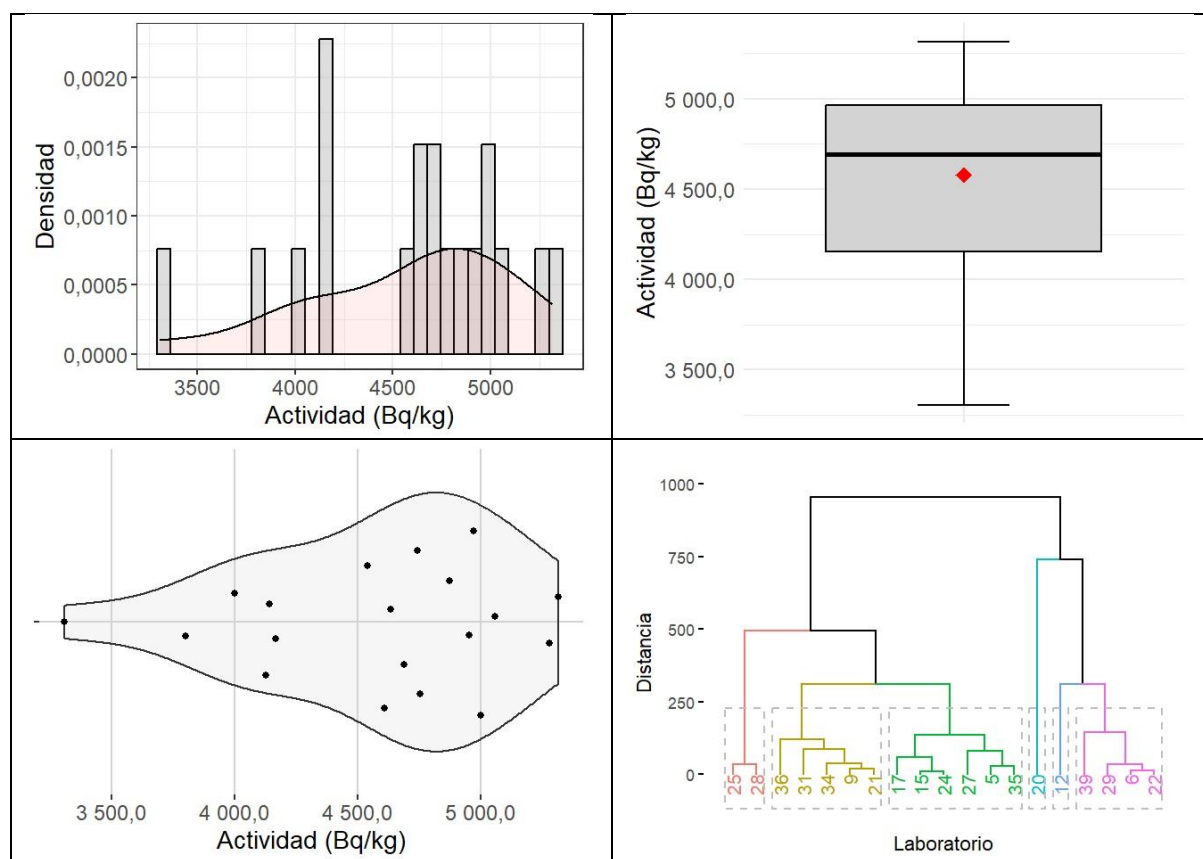


Figura 40. Gráficos estadísticos de los resultados del índice de actividad beta total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 72 horas: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

13.11. Resultados no solicitados y falsos positivos

La Tabla 18 muestra los falsos positivos (no hubo envío de resultados no solicitados en este caso) para la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 72 horas.

Tabla 18. Falsos positivos reportados por los laboratorios para la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 72 horas.

MATRIZ: Cenizas de alimentos					
CÓDIGO Laboratorio	Isótopo informado	RESULTADOS			
		Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	TIPO
5	Co-57	7,00E-01	3,66E-01	5,91E-01	Falso positivo
15	Co-57	3,40E-01	1,10E-01	1,30E-01	Falso positivo
39	Co-57	9,00E-01	8,00E-01	5,90E-01	Falso positivo

14. RESULTADOS INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 3 MESES PARA LAS CENIZAS DE ALIMENTOS

14.1. PARTICIPACIÓN

La Figura 41 representa la participación para cada uno de los análisis solicitados de la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses:

- Número total de laboratorios que han participado para cada uno de los análisis.
- Número de resultados Satisfactorios para cada análisis.
- Número de resultados Dudosos para cada análisis.
- Número de resultados No Satisfactorios para cada análisis.
- Número de análisis no evaluados.

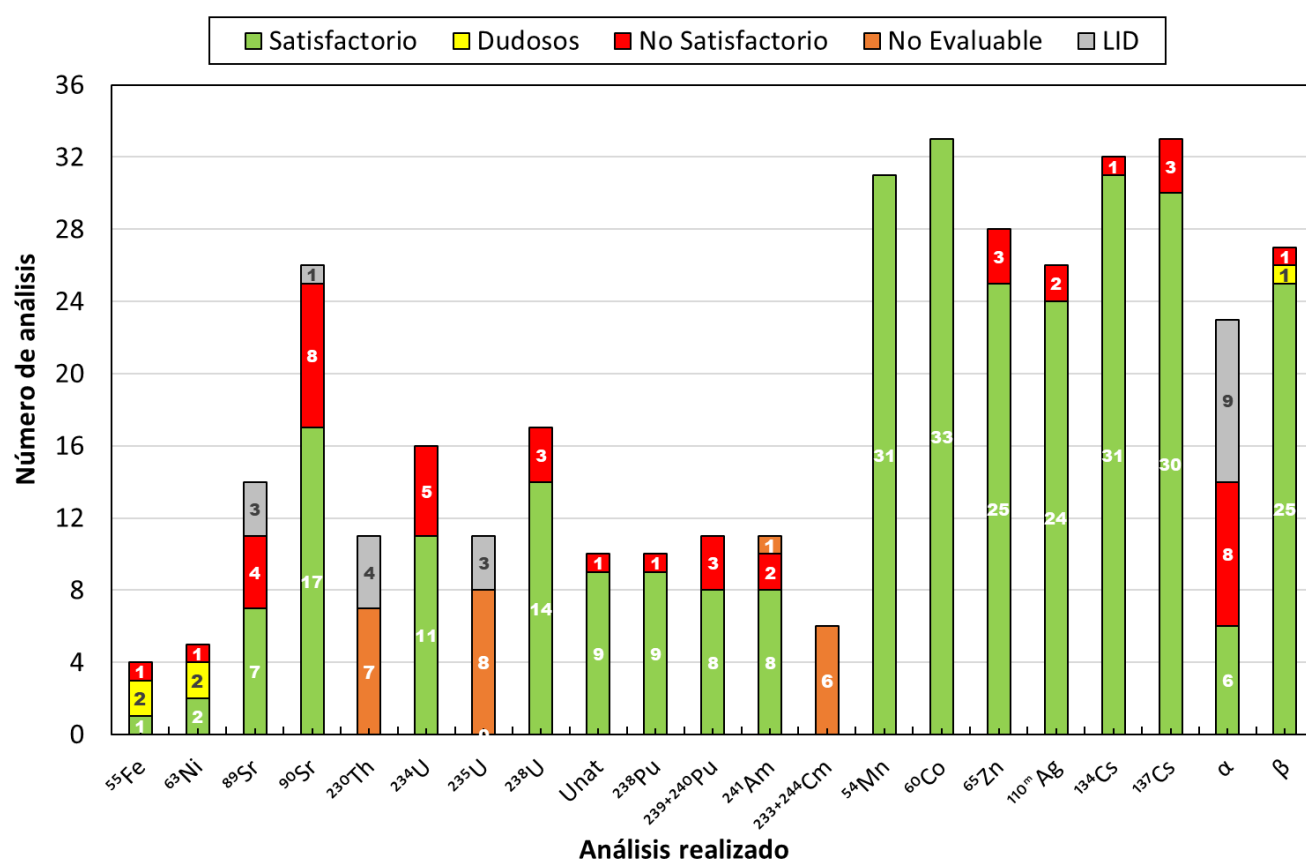


Figura 41. Resultados informados la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 3 meses.

La Figura 41 muestra como en todos los análisis se enviaron resultados. El ^{230}Th y el $^{243+244}\text{Cm}$ no fueron evaluados ya que en ambos casos los laboratorios participantes eran menor de 10 y no se disponía de actividad de referencia.

14.2. ^{55}Fe

Los laboratorios 2, 5, 24 y 12 fueron los únicos que participaron en la determinación de la concentración de actividad del ^{55}Fe (Figura 42). El laboratorio 2 obtuvo una evaluación satisfactoria, los laboratorios 5 y 24 dudosa y el laboratorio 12 una evaluación no satisfactoria. La evaluación se realizó a partir de la actividad añadida al ser la participación menor de 10 laboratorios. Los laboratorios 5 y 24 realizaron 3 réplicas de las muestras mientras que los otros dos laboratorios realizaron una única medida. La cantidad de muestra utilizada para el análisis estuvo comprendida entre 1,6 y 12,0 g. El tiempo medio de medida fue de 29400 s. La relación entre la actividad y el LID fue superior a 8,4 veces lo que indica que las medidas estuvieron muy por encima del LID para los laboratorios participantes. La Figura 43 muestra los métodos de ataque de la muestra de cenizas de alimentos, el método radioquímico utilizado (aunque sólo fue informado por un laboratorio) y los detectores utilizados. La técnica de medida utilizada fue el centelleo líquido ya que es la única técnica que permite conseguir resultados reproducibles por la energía de emisión beta del ^{55}Fe . La Tabla 19 y la Figura 44 muestran los parámetros y gráficos estadísticos de la evaluación del ^{55}Fe , sin embargo, dada la baja estadística (4 laboratorios) se ofrecen a título informativo.

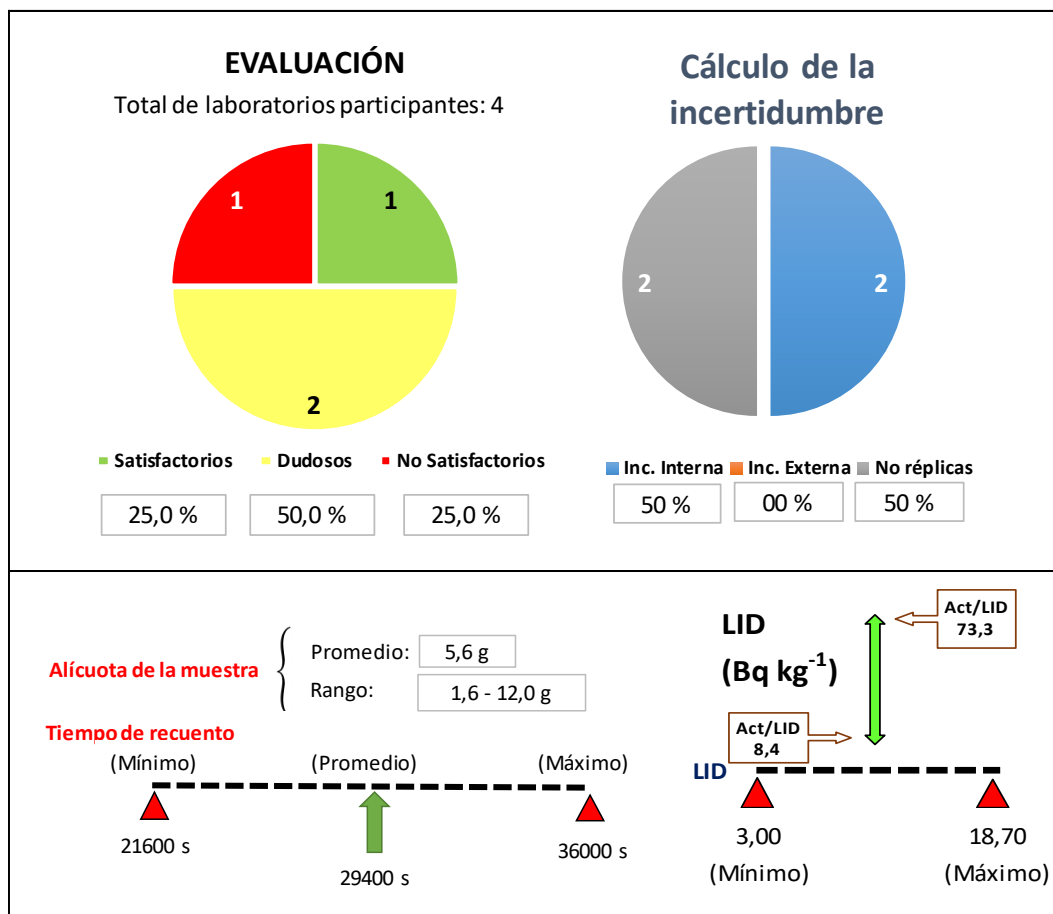


Figura 42. Evaluación de la determinación del ^{55}Fe en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

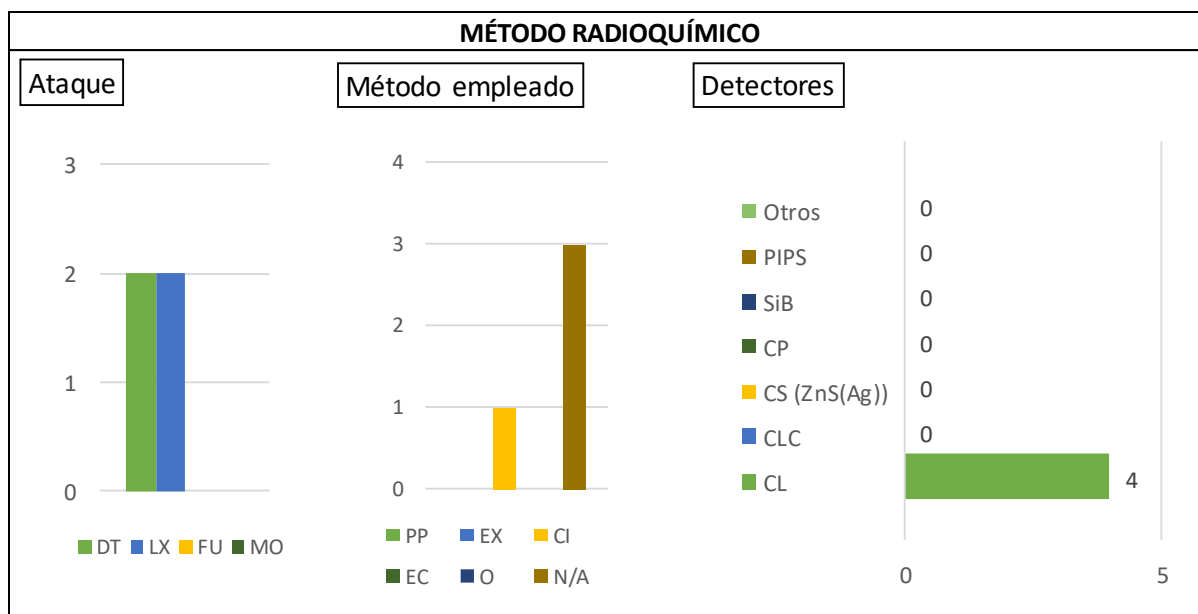


Figura 43. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{55}Fe en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

Tabla 19. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{55}Fe en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	4	laboratorios
2. Media aritmética	187,8 ± 29,4	Bq kg ⁻¹
3. Mediana	186,65	Bq kg ⁻¹
4. Rango	[158-220]	Bq kg ⁻¹
5. Coeficiente de variación	15,68	%
6. Skewness	0,07	-
7. Curtosis	1,24	-

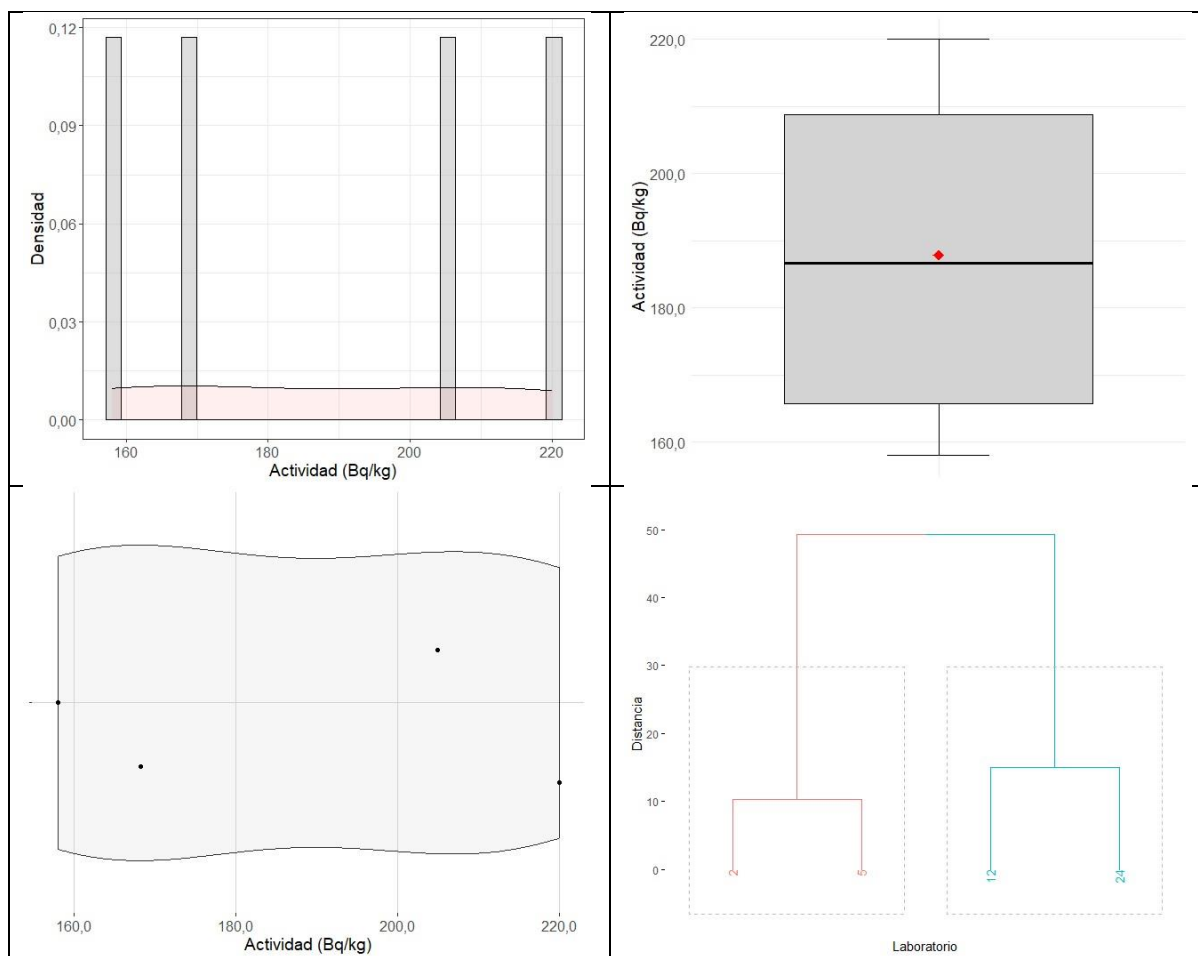


Figura 44. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{55}Fe en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.3. ^{63}Ni

Los laboratorios 2, 5, 10, 12, 19 y 24 fueron los 6 laboratorios que informaron la concentración de actividad del ^{63}Ni en la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 3 meses. Los laboratorios 2 y 12 obtuvieron una evaluación satisfactoria mientras que el laboratorio 5 obtuvo una evaluación dudosa. La evaluación se realizó a partir de la actividad añadida al ser la participación de menos de 10 laboratorios. Por otra parte, el laboratorio 19 obtuvo una evaluación no satisfactoria. La cantidad de muestra utilizada para realizar los análisis estuvo comprendida entre 1,2 y 12,0 g al igual que ocurría con el ^{55}Fe (Figura 45). El tiempo de medida medio fue de 27120 s, que proporcionó una relación mínima entre la actividad y el LID de 4 veces, lo cual refleja que las concentraciones de actividad estaban suficientemente separadas del LID para obtener resultados reproducibles. Las muestras fueron tratadas mediante digestión total y lixiviación, utilizando como metodologías de separación extracción líquido-líquido y cromatografía iónica, junto con otros métodos no indicados por los participantes. Las muestras fueron medidas en su totalidad mediante la técnica de centelleo líquido (Figura 46). Los parámetros recogidos en la Tabla 20 muestran una elevada dispersión, como ocurrió en el caso del ^{55}Fe . El número de laboratorios participantes no permite obtener más conclusiones a partir de los parámetros y gráficos estadísticos.

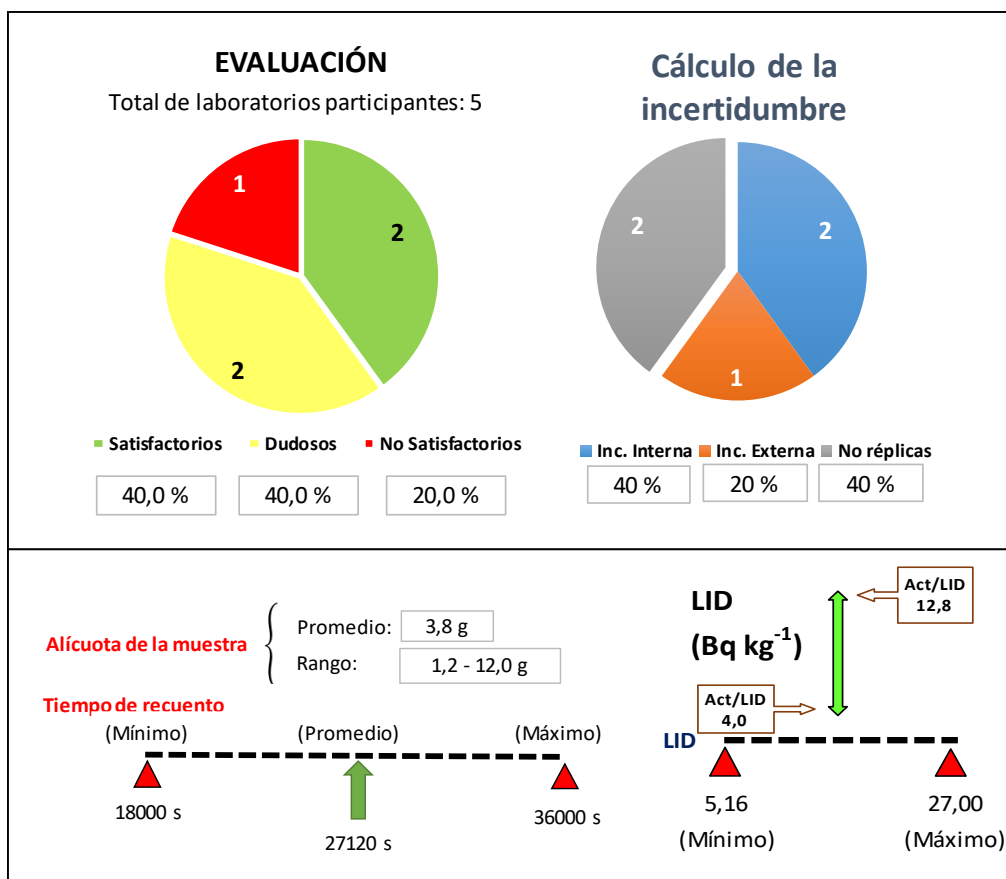


Figura 45. Evaluación de la determinación del ^{63}Ni en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

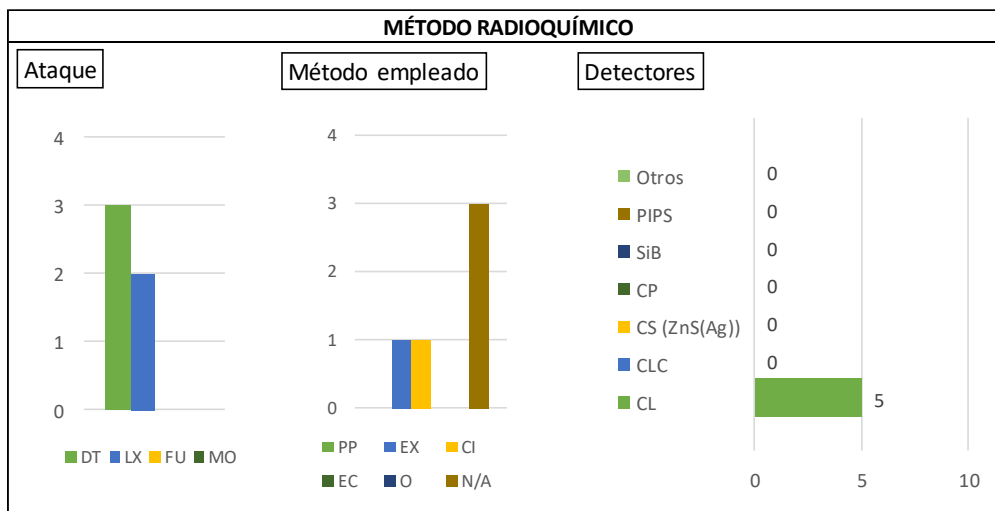


Figura 46. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{63}Ni en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

Tabla 20. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{63}Ni en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	5	laboratorios
2. Media aritmética	$79,3 \pm 22,7$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	83,8	Bq kg^{-1}
4. Rango	[49-108]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	28,6	%
6. Skewness	-0,13	-
7. Curtosis	1,85	-

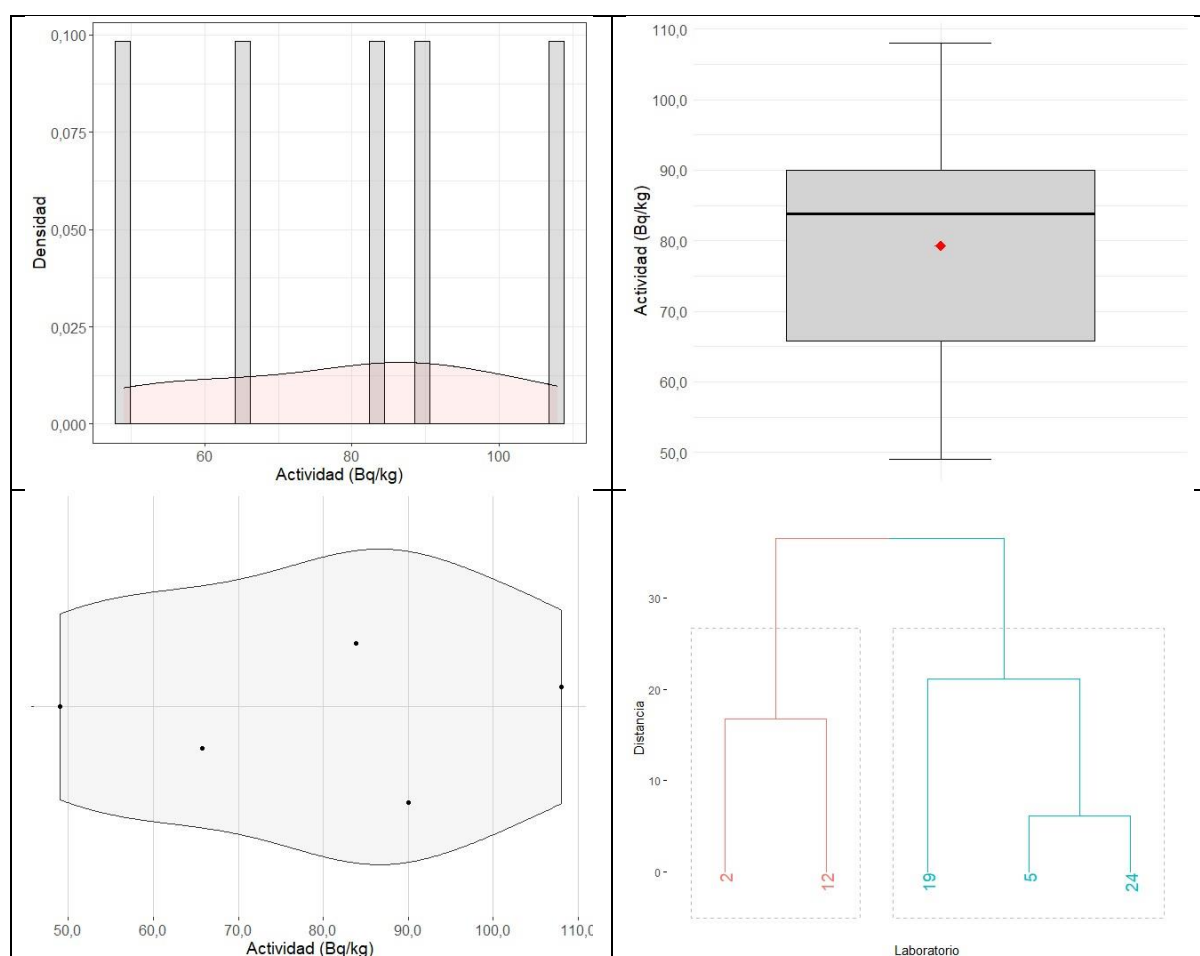


Figura 47. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{63}Ni en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendrograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.4. ^{89}Sr

El ^{89}Sr fue evaluado a partir de la concentración de actividad obtenida a partir de la mediana, esto es, $15,3 \pm 6,8 \text{ Bq kg}^{-1}$. El sesgo entre la actividad añadida y la mediana fue de 4,08%. El 50% de los 14 laboratorios participantes obtuvo una evaluación satisfactoria mientras que el 28,6%

obtuvo una evaluación no satisfactoria (Figura 48). El 36% de los laboratorios realizó más de una determinación mientras que el 64% realizó una única determinación. La alícuota promedio utilizada fue de 15 g con un rango comprendido entre 1,5 y 40,0 g. La relación entre la concentración de actividad y el LID fue de 1,5 veces. La Figura 49 muestra como el ataque realizado sobre las muestras fue predominantemente mediante el uso de la lixiviación mientras que 3 laboratorios utilizaron la digestión total y 2 utilizaron un horno microondas. La medida de las muestras se hizo prácticamente en su totalidad mediante contador proporcional y 2 laboratorios utilizaron el centelleo líquido. La mediana reprodujo mejor el valor añadido que la media aritmética, aunque los resultados mostraron una elevada variabilidad al obtenerse un coeficiente de variación de 41,37%. La distribución mostró dos conjuntos de valores según se refleja en el histograma y gráfico de violín (Figura 50). Los laboratorios 15, 12, 34, 28 y 38 fueron los que más se acercaron al valor de la mediana y de la actividad añadida.

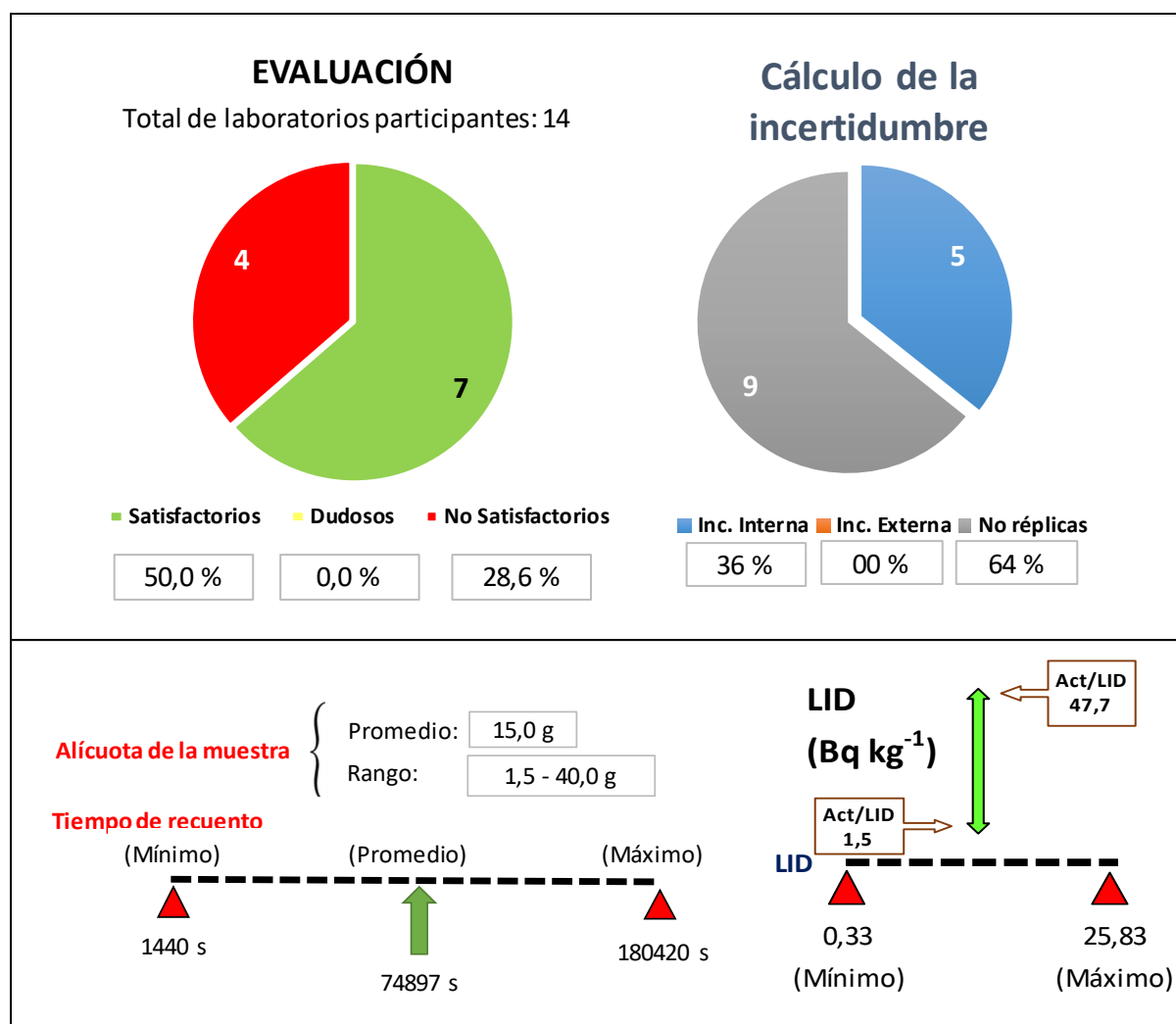


Figura 48. Evaluación de la determinación del ⁸⁹Sr en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

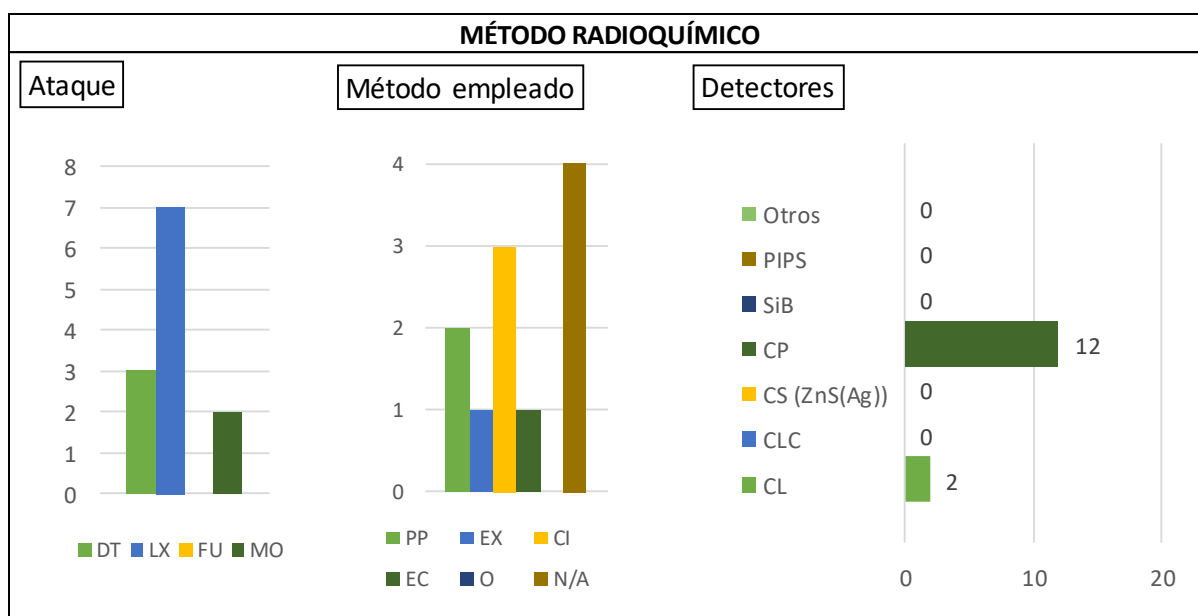


Figura 49. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{89}Sr en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

Tabla 21. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{89}Sr en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	11	laboratorios
2. Media aritmética	12,5 ± 5,2	Bq kg ⁻¹
3. Mediana	15,3	Bq kg ⁻¹
4. Rango	[4,227-19,91]	Bq kg ⁻¹
5. Coeficiente de variación	41,37	%
6. Skewness	-0,24	-
7. Curtosis	1,66	-

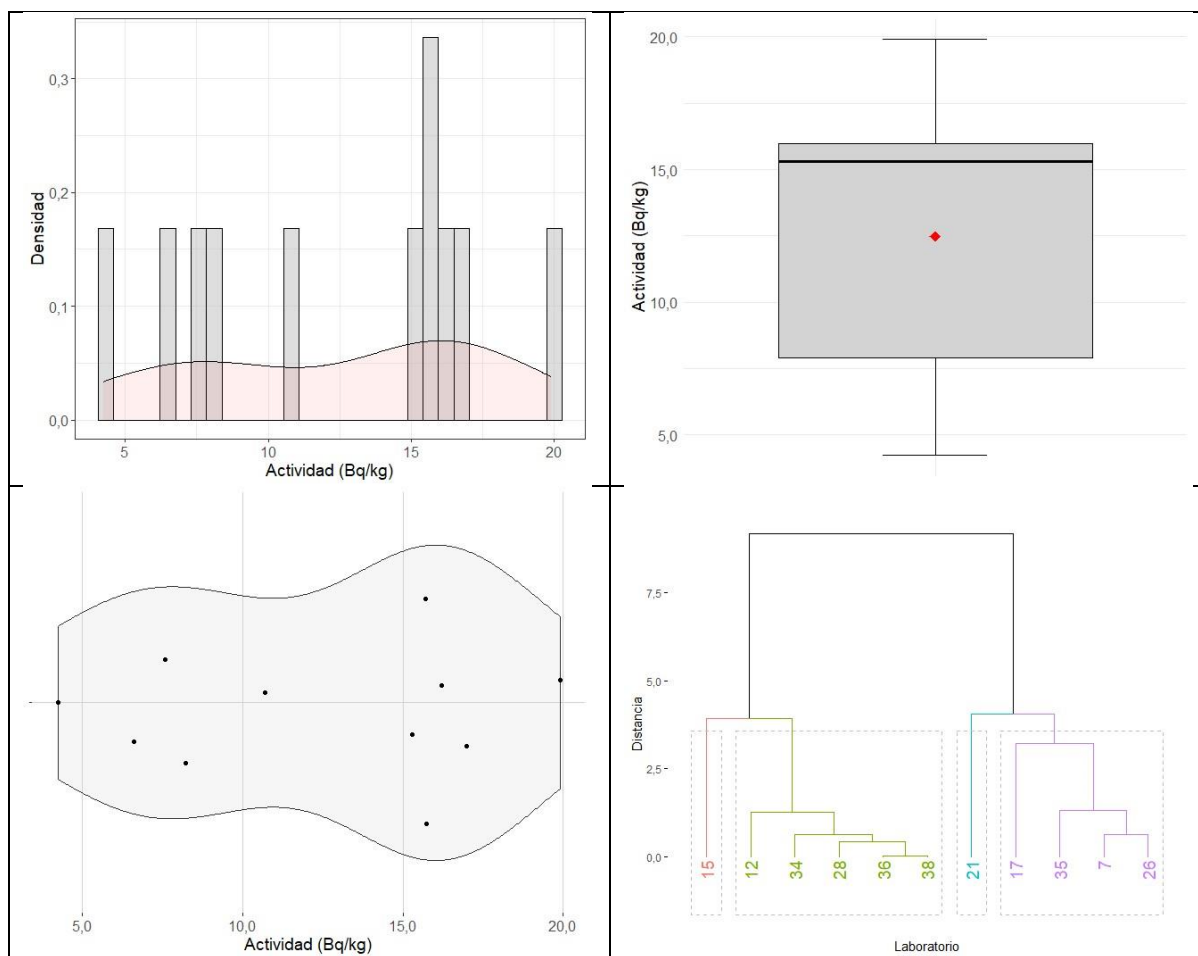


Figura 50. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{89}Sr en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.5. ^{90}Sr

El 65,4% de los laboratorios obtuvo una evaluación satisfactoria en la determinación del ^{90}Sr frente al 30,8% que obtuvo una evaluación no satisfactoria. El 35% de los laboratorios realizó más de una determinación y el 65% realizó una única determinación (Figura 51). La alícuota media utilizada fue de 11,8 g y el tiempo de medida medio se situó en 69268 s. La relación entre la concentración de actividad y el LID fue al menos de 1,6 veces. El ataque de la muestra se realizó predominantemente mediante lixiviación (14 laboratorios) mientras 6 laboratorios utilizaron la digestión total y 3 utilizaron la digestión con horno microondas. Los métodos radioquímicos empleados fueron precipitación, cromatografía iónica por 4 laboratorios, extracción cromatográfica por 2 laboratorios y un laboratorio mediante extracción líquido-líquido. El contador proporcional se utilizó como técnica de medida por 21 laboratorios, 4 laboratorios utilizaron el centelleo líquido y 1 laboratorio aprovechó la posibilidad de medir mediante la radiación Cerenkov (Figura 52). La mediana tuvo un sesgo relativo del 2,2% frente a la actividad añadida que fue $8,90 \pm 0,70 \text{ Bq kg}^{-1}$. La media fue más diferente ya que obtuvo un 21,3% de sesgo relativo frente a la actividad añadida. El coeficiente de variación fue nuevamente muy elevado (63,64%) con un acusado sesgo positivo como muestra el valor del *skewness* (Tabla 22). El sesgo

positivo de la distribución fue provocado por los resultados de los laboratorios 29, 10, 26, 1 y 35 como se observa en el dendograma y en los gráficos de la Figura 53.

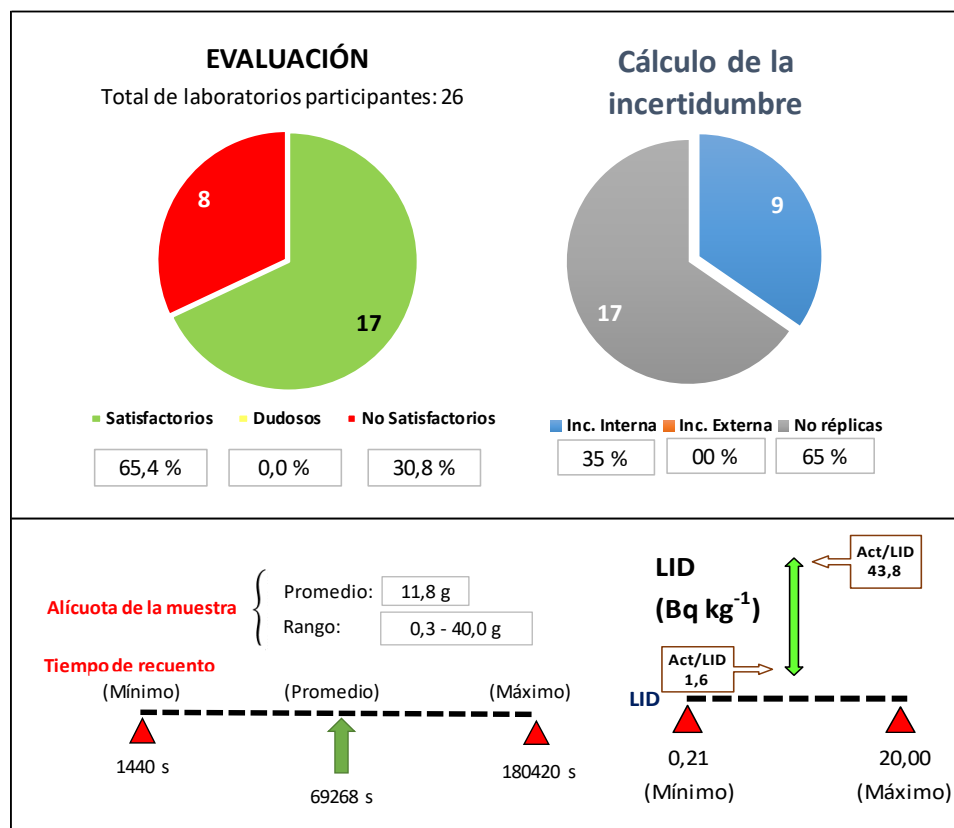


Figura 51. Evaluación de la determinación del ⁹⁰Sr en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

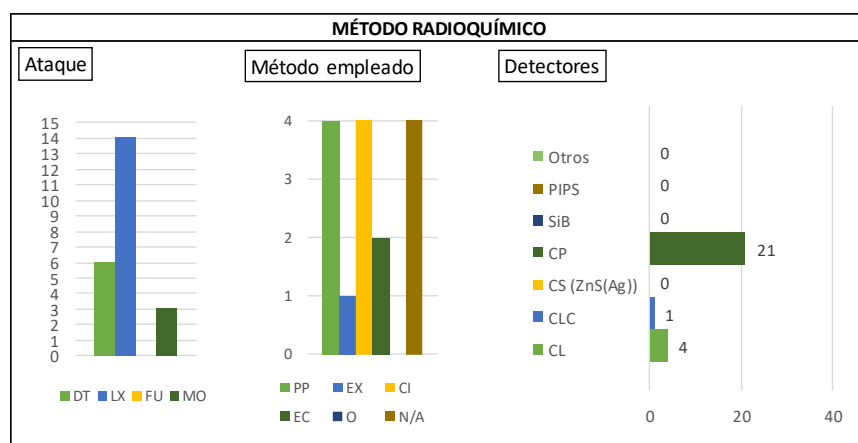


Figura 52. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ⁹⁰Sr en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

Tabla 22. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{90}Sr en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	25	laboratorios
2. Media aritmética	$10,8 \pm 6,9$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	9,1	Bq kg^{-1}
4. Rango	[4,1-37,2]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	63,64	%
6. Skewness	2,45	-
7. Curtosis	9,79	-

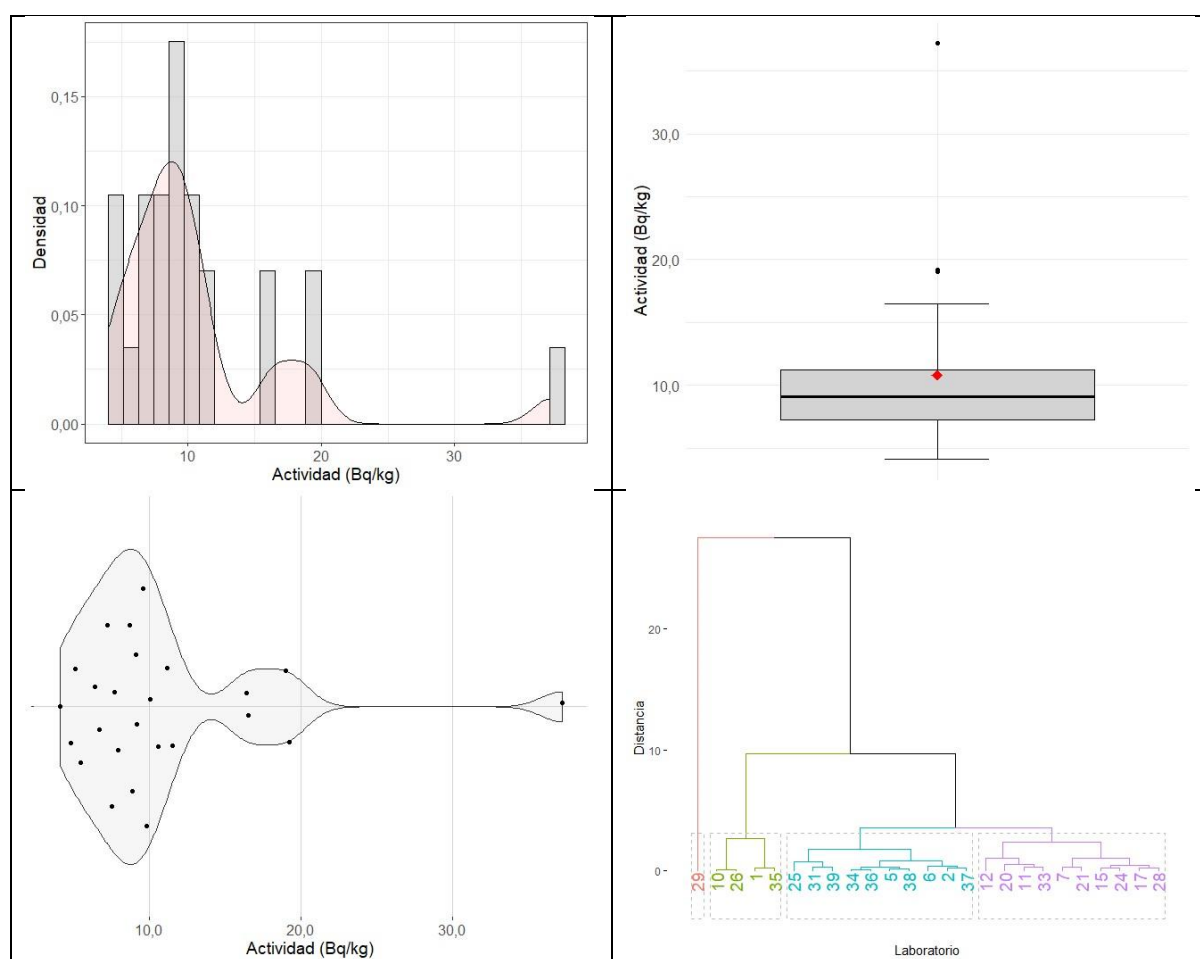


Figura 53. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{90}Sr en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendrograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.6. ^{230}Th

La evaluación del ^{230}Th no se pudo realizar ya que no se adicionó ninguna disolución de referencia y la participación fue menor de 10 laboratorios (Figura 54). El ataque realizado sobre la muestra fue: 5 laboratorios una digestión total, 3 una lixiviación y 2 un ataque en horno de microondas. Los resultados obtenidos no mostraron ninguna dependencia con el método de ataque utilizado. Los métodos radioquímicos utilizados fueron: 2 métodos de precipitaciones selectivas, 2 de columna iónica y 2 de extracción cromatográfica. Las muestras fueron medidas mayoritariamente en detectores de semiconductor mientras que el laboratorio 9 utilizó contador proporcional (Figura 55). Aunque no se realizó la evaluación, los resultados mostraron 6 laboratorios cuyos valores fueron semejantes, según lo reflejado en el histograma (Figura 56): 5, 25, 12, 24 y 31. Los laboratorios 28 y 3 reportaron resultados mayores que los de los restantes laboratorios. Los laboratorios 8, 9, 14 y 30 informaron resultados por debajo del LID. El bajo número de participación hace que los resultados de los parámetros estadísticos recogidos en la Tabla 23 no se hayan descrito para el ^{230}Th al no ser reproducibles.

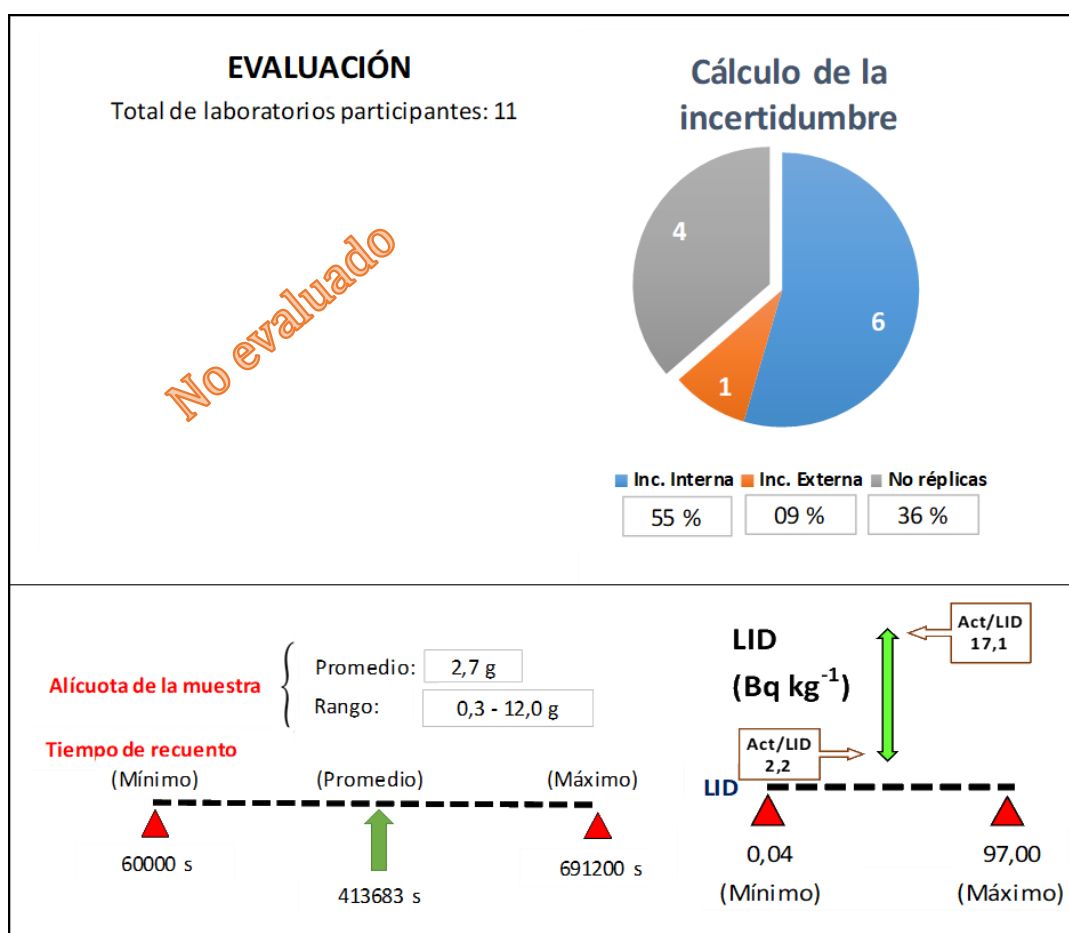


Figura 54. Evaluación de la determinación del ^{230}Th en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

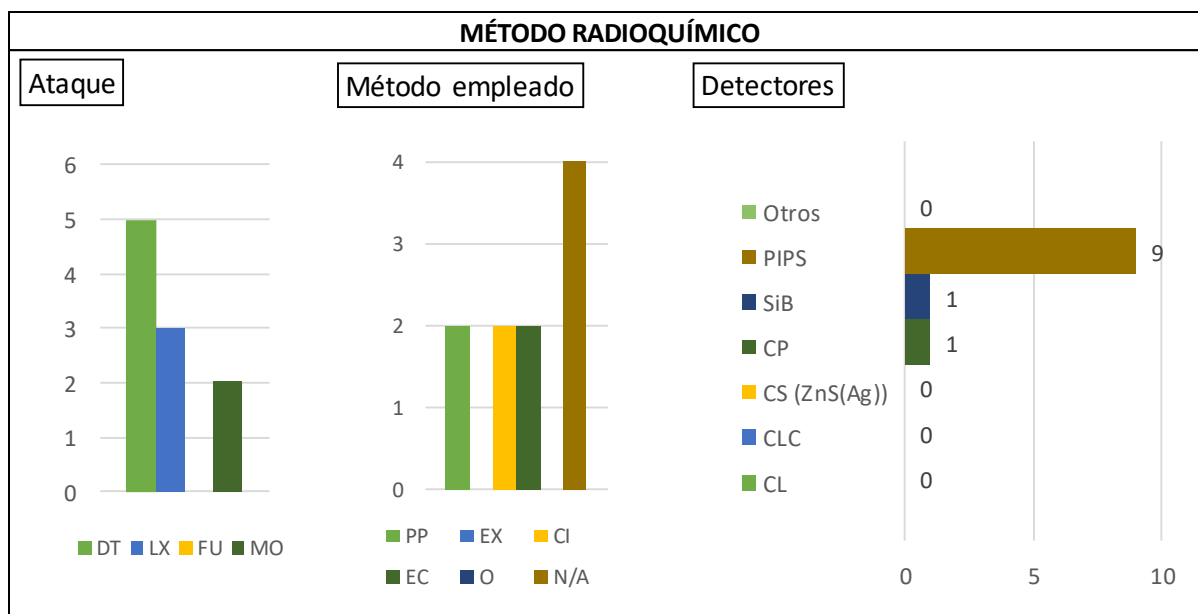


Figura 55. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{230}Th en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

Tabla 23. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{230}Th en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	7	laboratorios
2. Media aritmética	1,5 ± 1,2	Bq kg ⁻¹
3. Mediana	0,98	Bq kg ⁻¹
4. Rango	[0,505-3,9]	Bq kg ⁻¹
5. Coeficiente de variación	83,46	%
6. Skewness	1,28	-
7. Curtosis	3,22	-

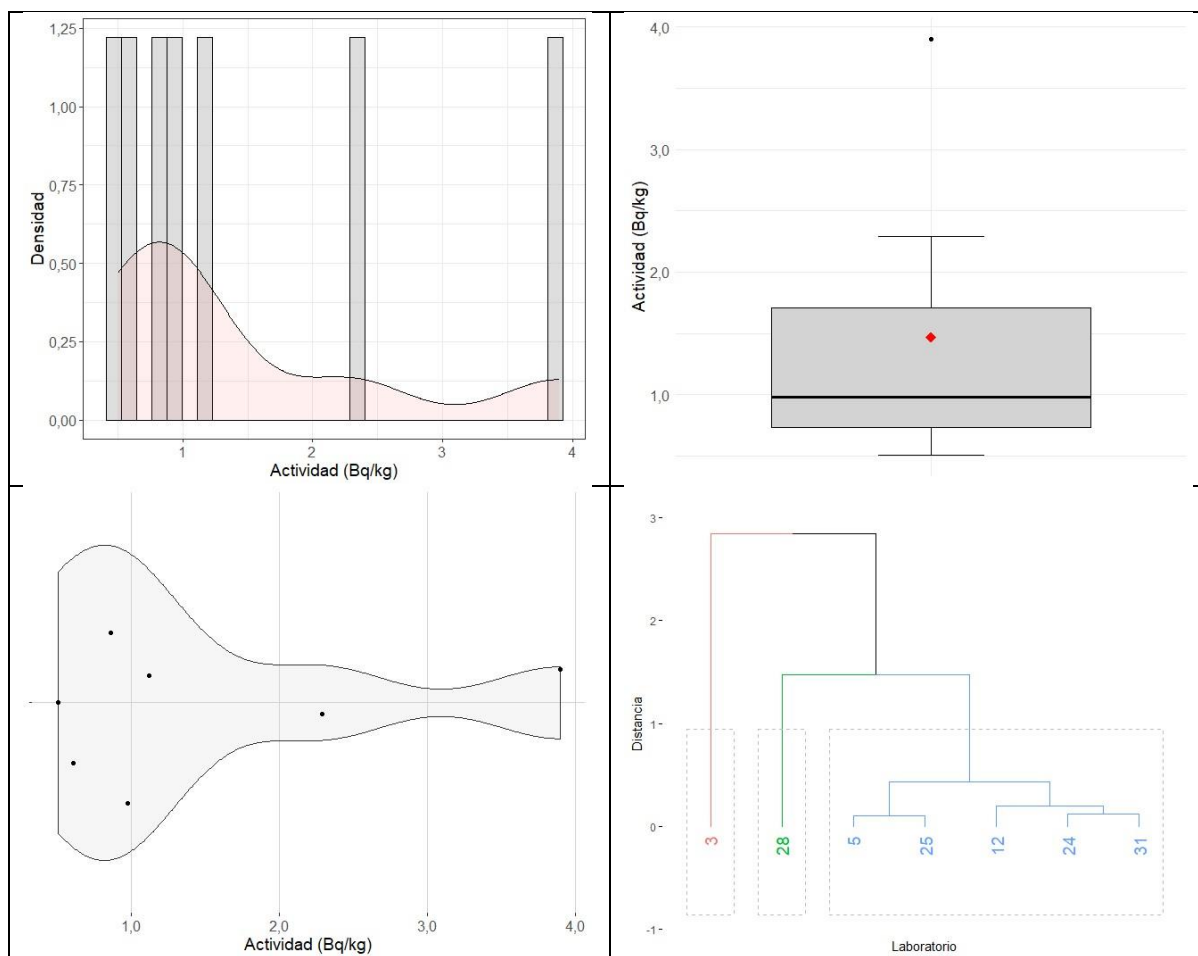


Figura 56. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{230}Th en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.7. ^{234}U

La evaluación del ^{234}U se recoge en la Figura 57. El 68,8% de los laboratorios obtuvieron una evaluación satisfactoria y 5 laboratorios no satisfactoria. El 62,5% de los laboratorios realizaron más de una réplica mientras que 6 laboratorios sólo realizaron una determinación. La alícuota promedio fue de 3,1 g y las muestras se midieron 404501 s de media. La relación entre la concentración de actividad y el límite de detección osciló entre 0,3 y 137,0 veces (Figura 57). El valor de 0,3 indicó que uno de los laboratorios (laboratorio 7) informó un valor de concentración de actividad por debajo del límite de detección. Sin embargo, los resultados de este laboratorio fueron incluidos en la evaluación final. Los tres métodos de ataque de la muestra fueron la digestión total (6 laboratorios), la lixiviación ácida (5 laboratorios) y la digestión con horno microondas (4 laboratorios) (Figura 58). Los métodos empleados fueron los habituales para la separación del uranio: precipitación, cromatografía iónica, extracción líquido-líquido y extracción cromatográfica. Las muestras fueron medidas en su totalidad mediante detectores de semiconductor (PIPS y SiB). Los parámetros estadísticos recogidos en la Tabla 24 muestran una elevada separación entre la mediana y la media. Esta separación se debió a la elevada dispersión de los resultados con un coeficiente de variación del 40,81%. La distribución mostró un ligero sesgo positivo y la forma de la distribución fue mesocúrtica pese a la dispersión observada. La

simetría observada se debió al agrupamiento de concentraciones de actividad situada en $1,3 \text{ Bq kg}^{-1}$ y en que los valores más alejados de la media estaban equidistantes (véanse el histograma y el gráfico de violín de la Figura 59). El dendograma mostró cómo los laboratorios 8, 18 y 30 obtuvieron unos valores más altos y el laboratorio 7 informó un valor mucho más bajo que los restantes laboratorios, resultando en un valor atípico, como muestra la gráfica de caja y bigotes. Estos valores coinciden con que los laboratorios 8 y 30 utilizaron la extracción líquido-líquido con TBP, al igual que el laboratorio 6 que dio un valor más alto.

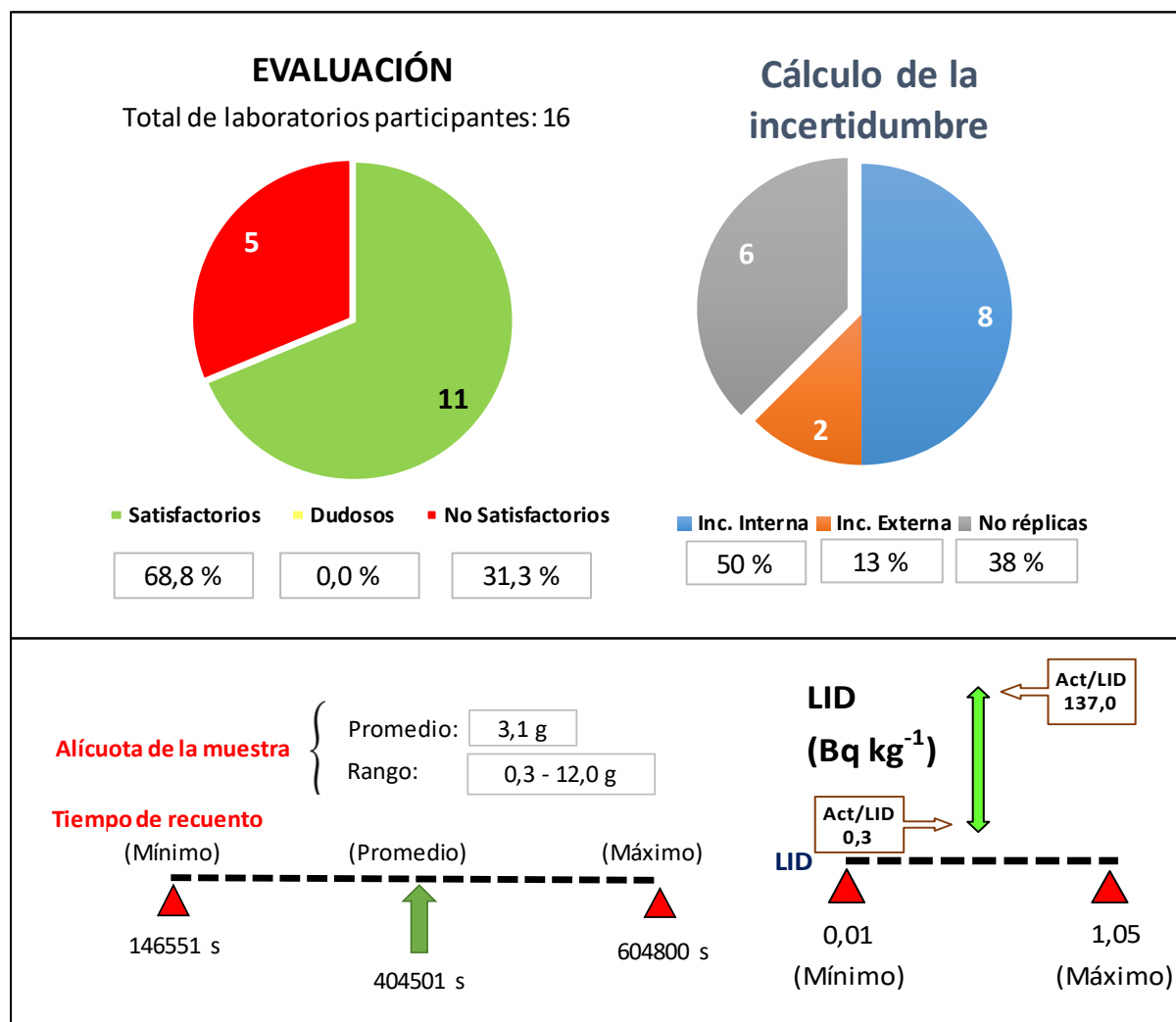


Figura 57. Evaluación de la determinación de ^{234}U en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

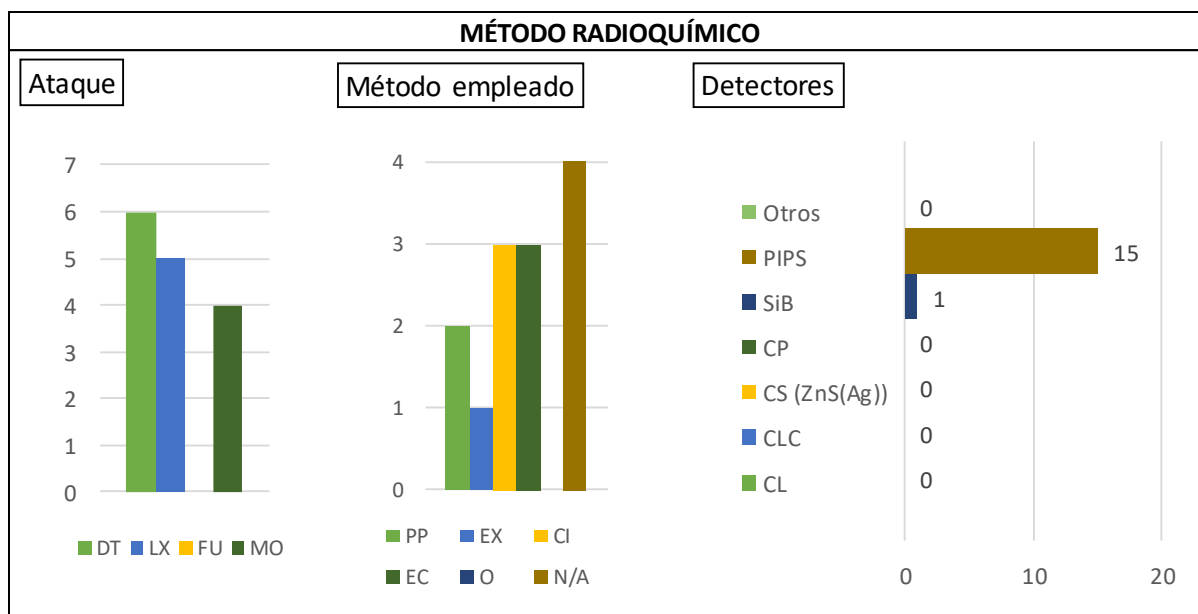


Figura 58. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{234}U en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

Tabla 24. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{234}U en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	16	laboratorios
2. Media aritmética	$1,7 \pm 0,7$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	1,45375	Bq kg^{-1}
4. Rango	[0,26-3]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	40,81	%
6. Skewness	0,29	-
7. Curtosis	3,06	-

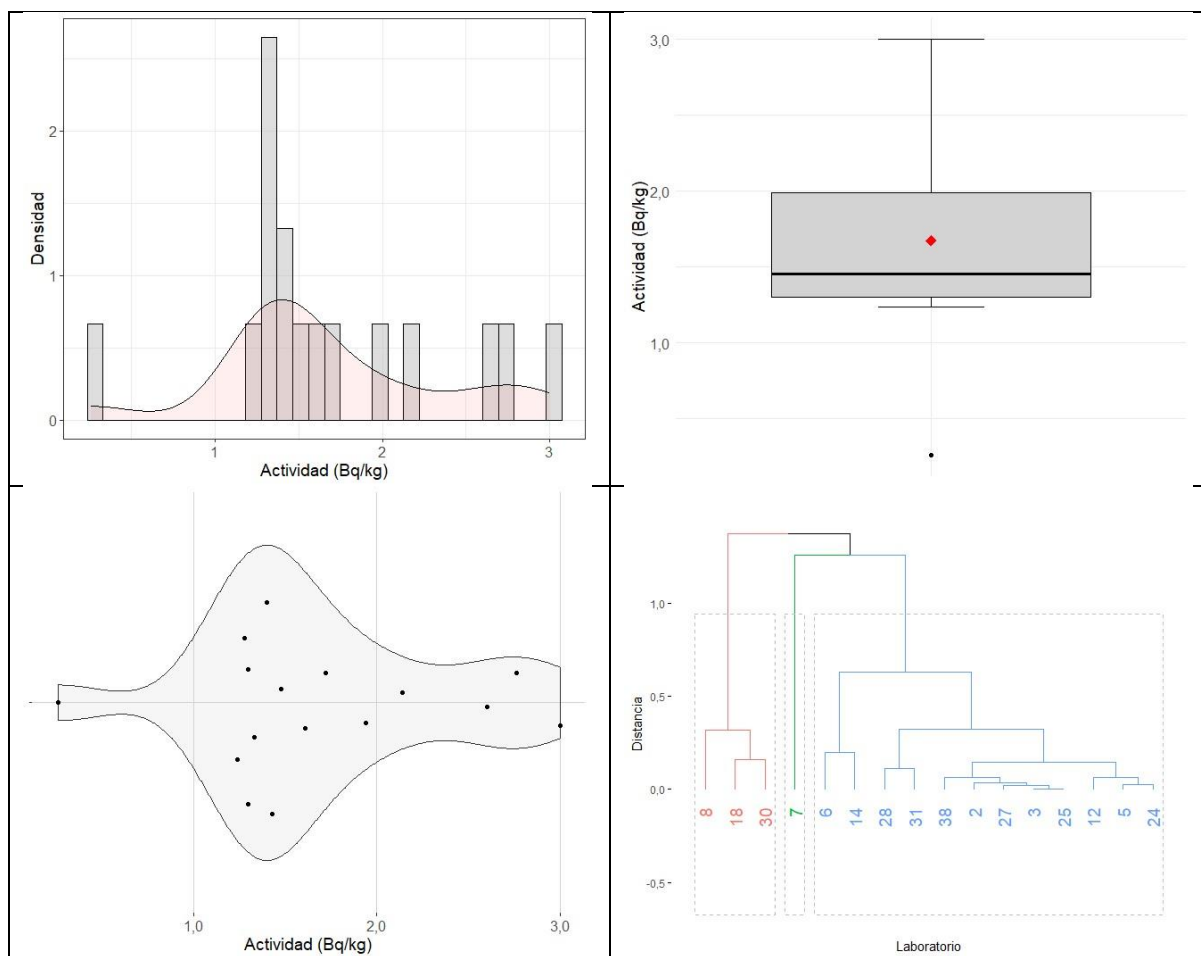


Figura 59. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{234}U en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.8. ^{235}U

La concentración de actividad del ^{235}U fue detectada por 8 laboratorios de los 14 participantes. El ^{235}U fue no evaluado ya que únicamente 8 laboratorios enviaron resultados (Figura 60). La mitad de los laboratorios realizó una única determinación, mientras que los restantes laboratorios realizaron más de una determinación. Todos los laboratorios utilizaron detectores de semiconductor, salvo el laboratorio 15, que utilizó la espectrometría gamma con detector BEGe (Figura 61). Este laboratorio obtuvo un valor más elevado que los restantes laboratorios junto con el laboratorio 7 (véase dendograma de la). La relación entre la concentración de actividad y límite de detección fue inferior a 1 debido a que el laboratorio 7 volvió a informar una concentración de actividad por debajo del LID. El ataque de la muestra, los métodos radioquímicos y los detectores fueron los mismos que en el caso del ^{234}U (Figura 61).

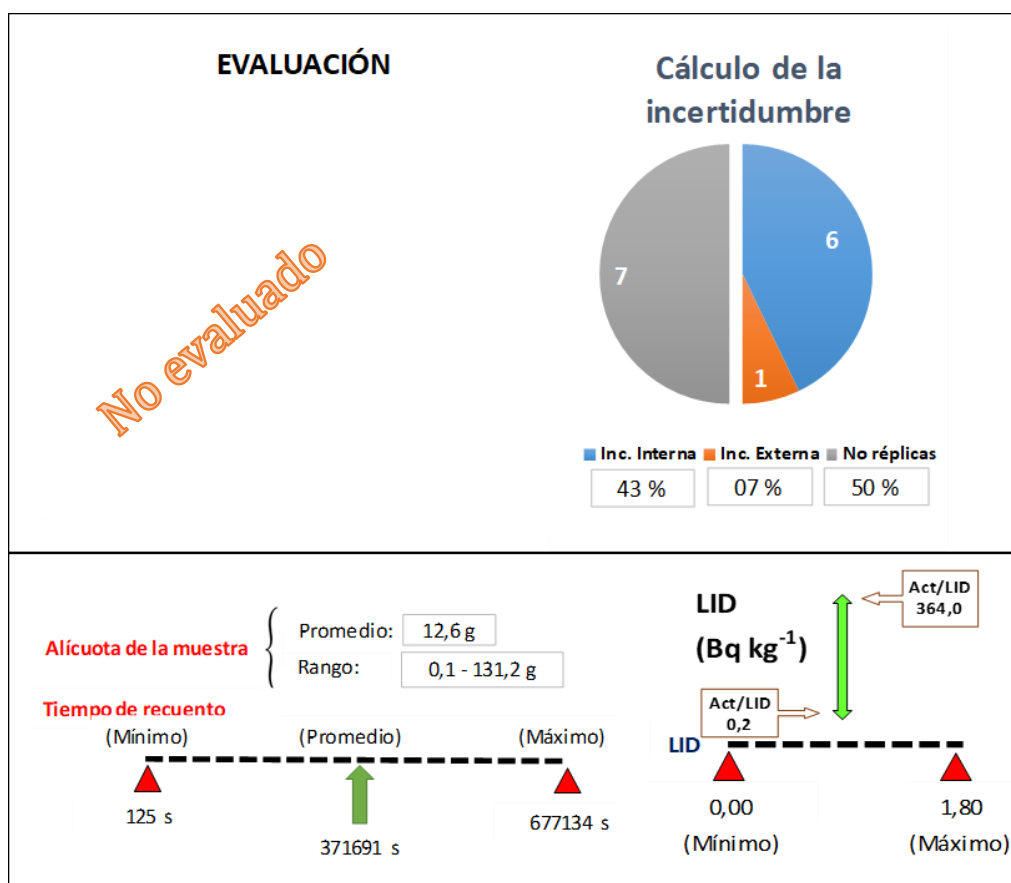


Figura 60. Evaluación de la determinación del ^{235}U en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

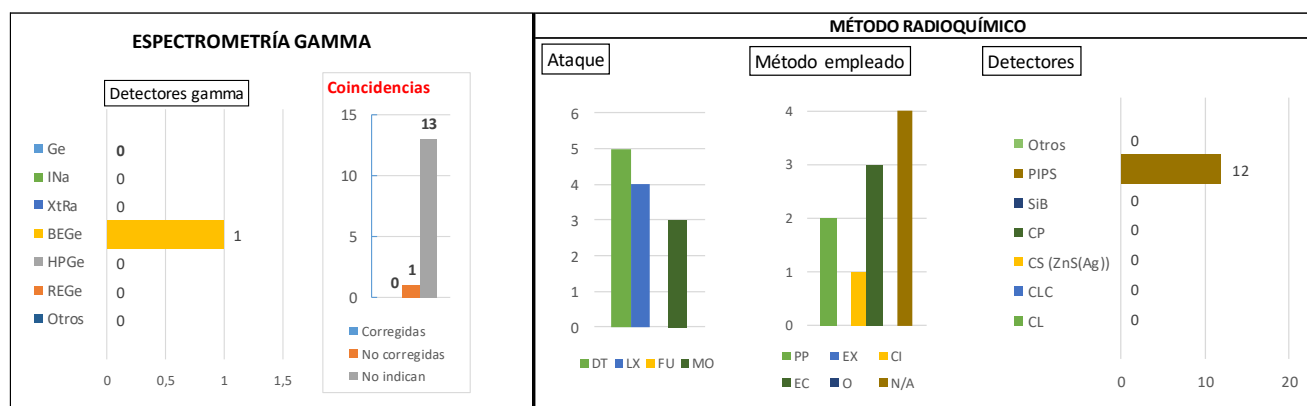


Figura 61. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{235}U en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) ReGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

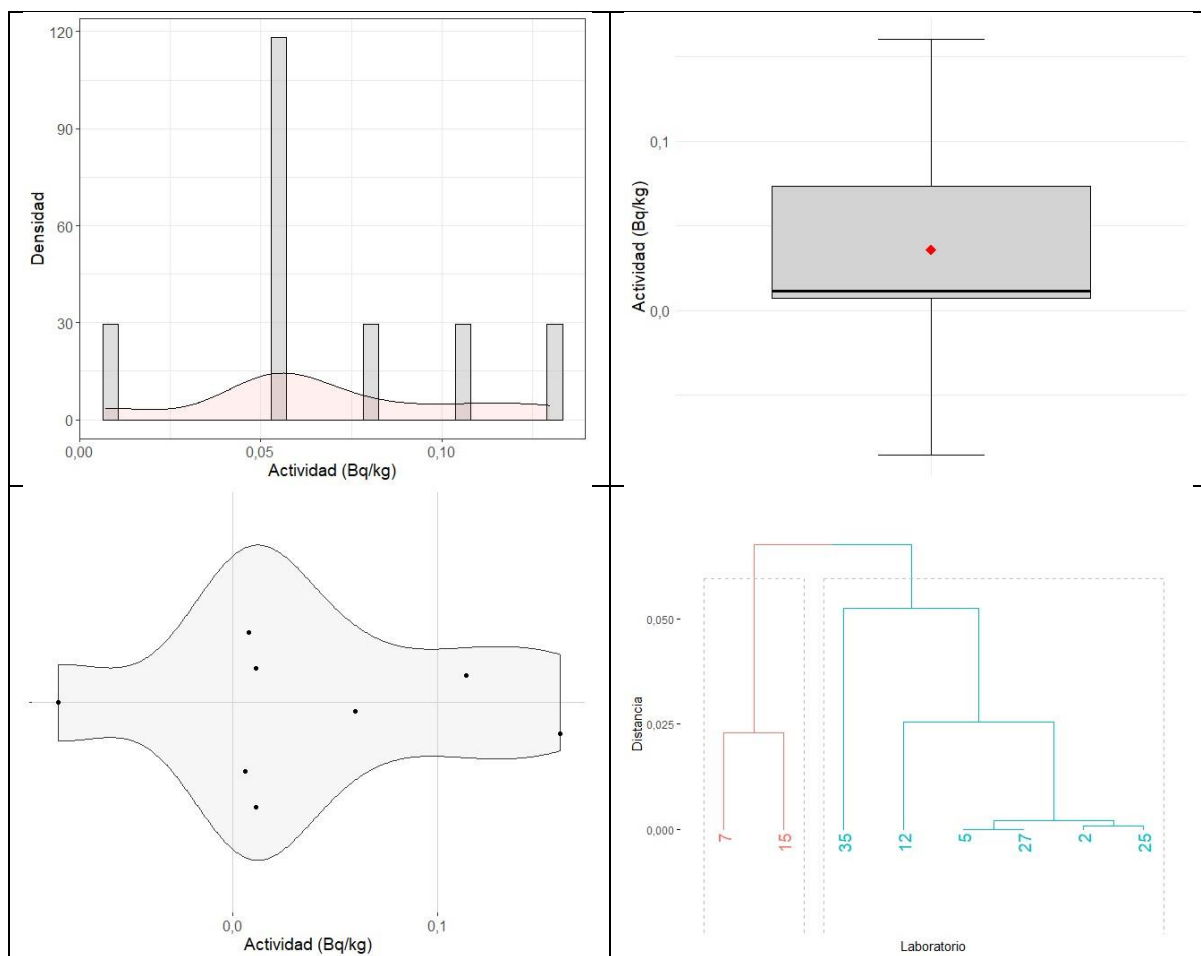


Figura 62. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{235}U en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.9. ^{238}U

El porcentaje de evaluaciones satisfactorias fue superior al ^{234}U alcanzándose un 82,4% (Figura 63). El laboratorio 7 volvió a informar el LID por encima de la concentración informada, lo que produjo que la relación entre la concentración de actividad y el LID fuera inferior a 1. La información proporcionada por los laboratorios participantes del ataque de la muestra, método radioquímico utilizado y detectores fue equivalente al ^{234}U (Figura 64). Los parámetros estadísticos recogidos en la Tabla 25 y los gráficos de la Figura 65 reflejaron un ligero sesgo positivo pero una distribución mesocúrtica. El dendograma y gráfico de caja y bigotes de la Figura 65 mostraron como los resultados de los laboratorios 7 y 10 eran atípicos al ser superiores al resto. Por otra parte, el laboratorio 7 obtuvo una concentración de actividad más baja que el resto. Las observaciones realizadas sobre la extracción líquido-líquido con TBP pueden ser trasladadas a este isótopo del uranio.

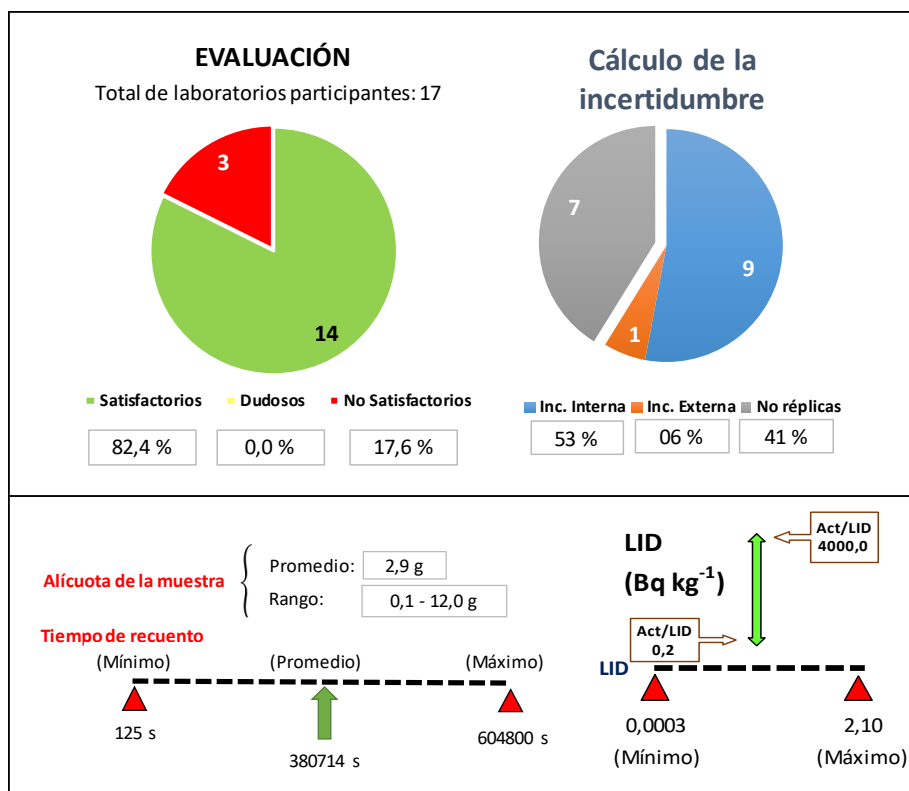


Figura 63. Evaluación de la determinación del ^{238}U en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

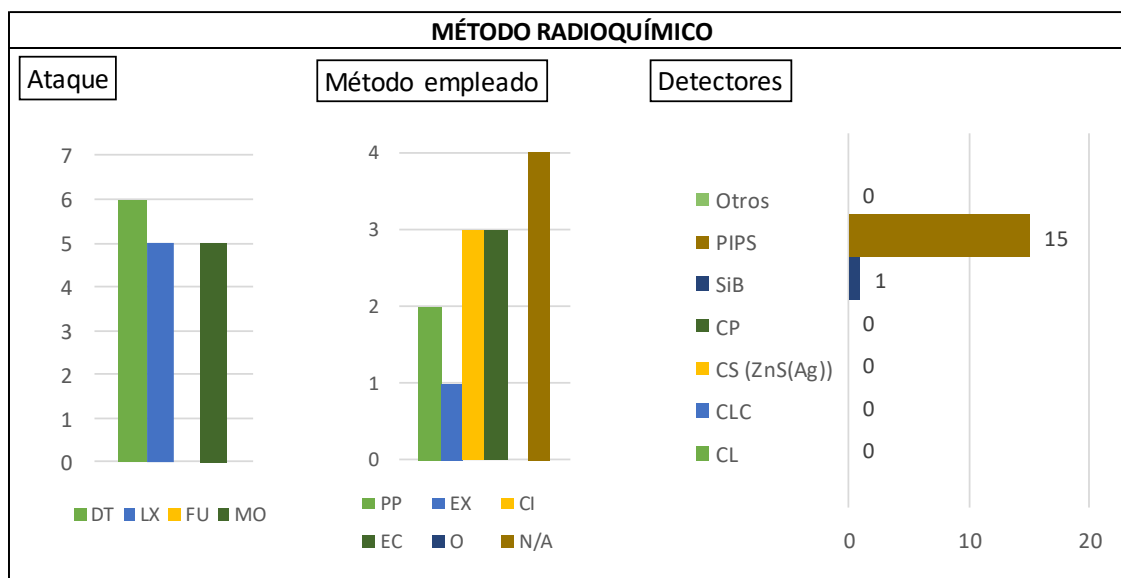


Figura 64. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{238}U en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

Tabla 25. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{238}U en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	17	laboratorios
2. Media aritmética	$1,4 \pm 0,6$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	1,214	Bq kg^{-1}
4. Rango	[0,16-3,06]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	42,81	%
6. Skewness	0,29	-
7. Curtosis	3,06	-

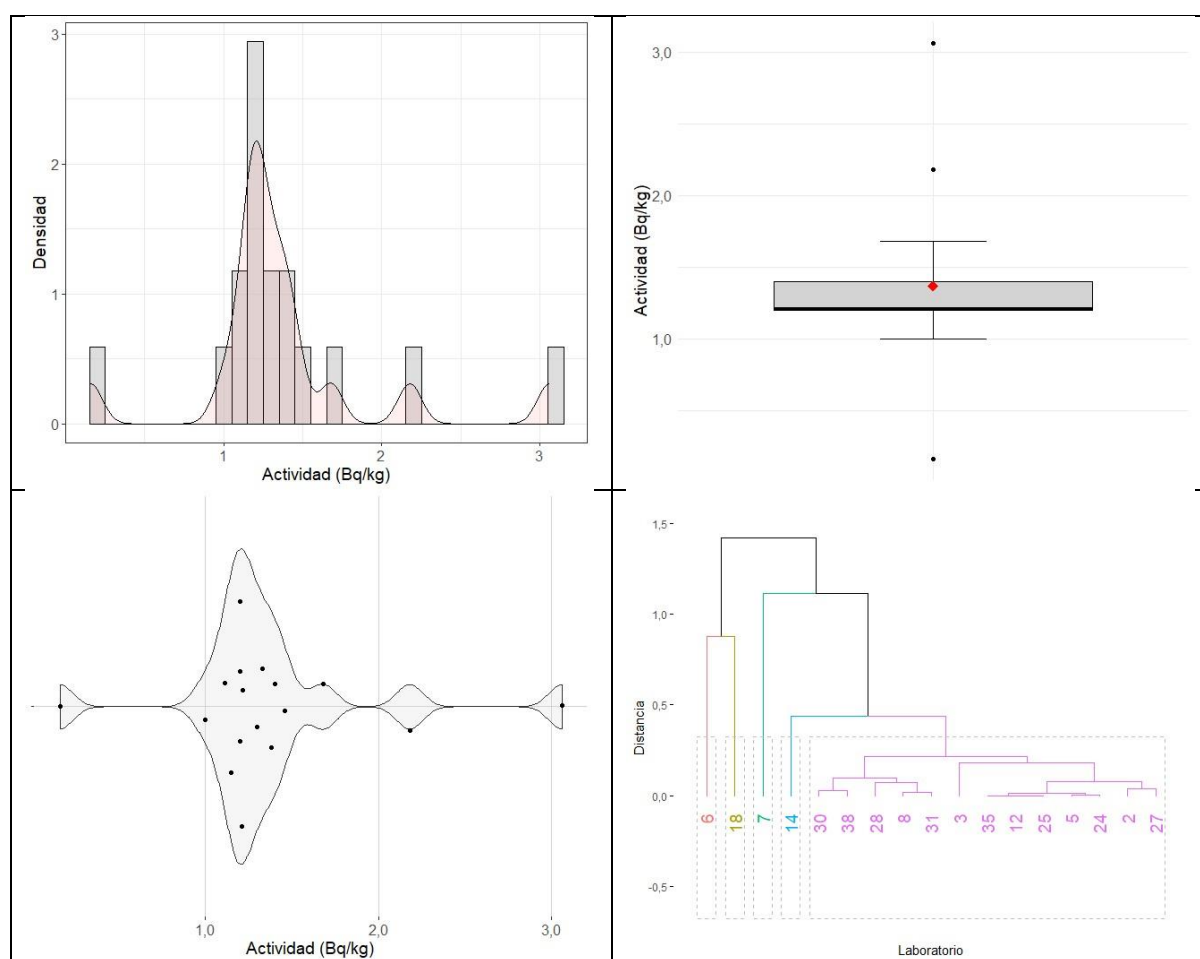


Figura 65. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{238}U en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendrograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.10. Uranio natural

El 90% de los 10 laboratorios participantes obtuvieron una evaluación satisfactoria y el 10% una evaluación no satisfactoria (Figura 66). El 60% realizó más de una determinación mientras que el 40% sólo realizó una determinación. El tiempo de recuento medio fue de 256445 s, que corresponde a los laboratorios que utilizaron la espectrometría alfa y gamma para realizar sus determinaciones (Figura 67). La relación concentración/LID fue nuevamente inferior a 1 que se debe a que los laboratorios 8 y 30 informaron concentraciones por debajo del límite de detección informado, sin embargo, la evaluación se realizó con los valores de concentración enviados. Los métodos de ataque utilizados fueron la digestión total, la lixiviación y el ataque con horno microondas. Las muestras se midieron mayoritariamente mediante detectores de germanio (en el caso de la espectrometría gamma), utilizando 3 laboratorios detectores de semiconductor PIPS y 2 laboratorios utilizaron ICP-MS. Los 2 laboratorios que utilizaron ICP-MS obtuvieron resultados más precisos que el resto de laboratorios. El gráfico de caja y bigotes (Figura 68) mostró 3 resultados atípicos que se identifican en el dendograma: los laboratorios 7 y 9 obtuvieron unos valores más bajos mientras que el laboratorio 15 obtuvo un valor más elevado que el resto de laboratorios. Estos resultados también se reflejaron en la forma del diagrama de violín y en el histograma.

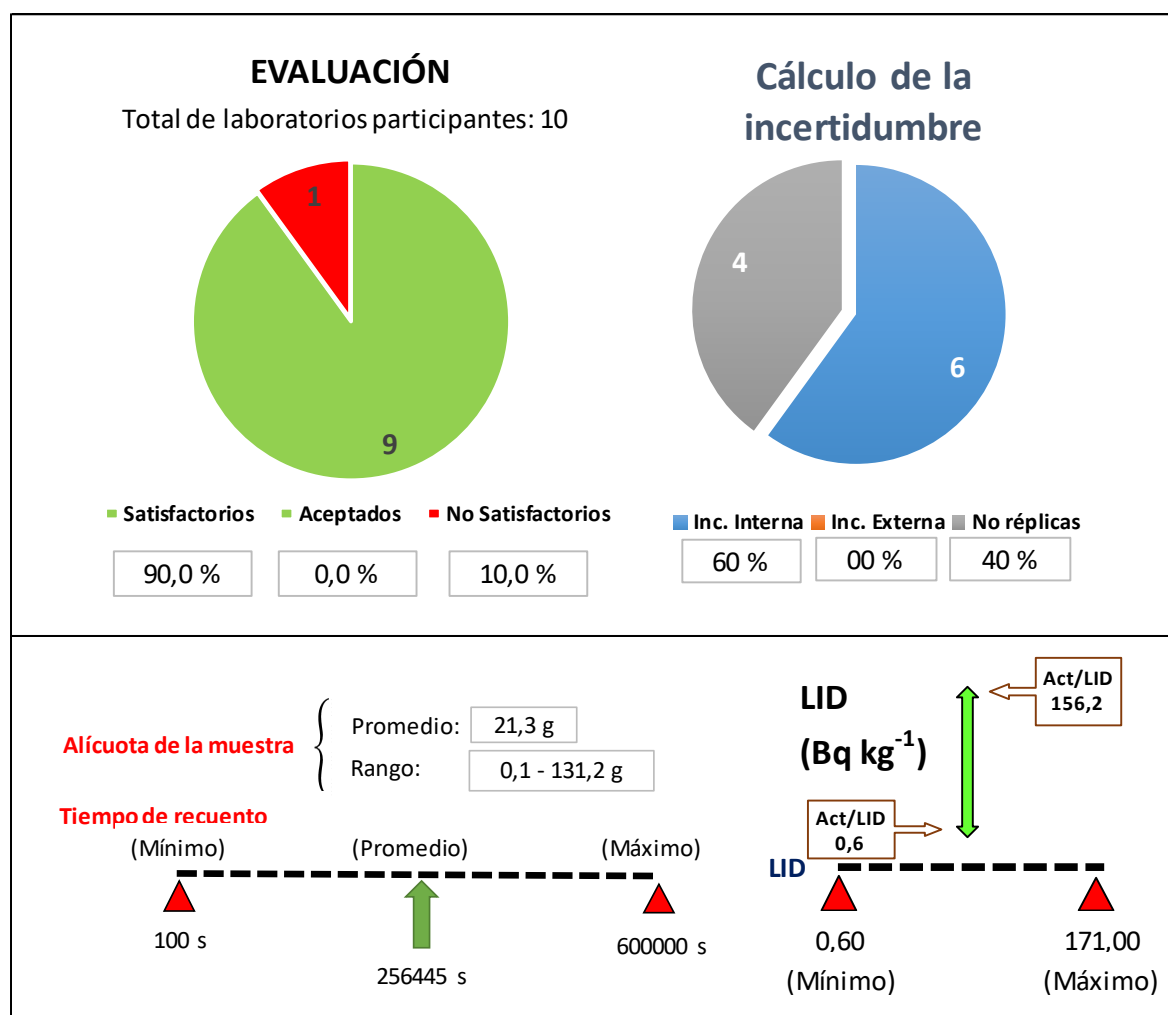


Figura 66. Evaluación de la determinación del uranio natural en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

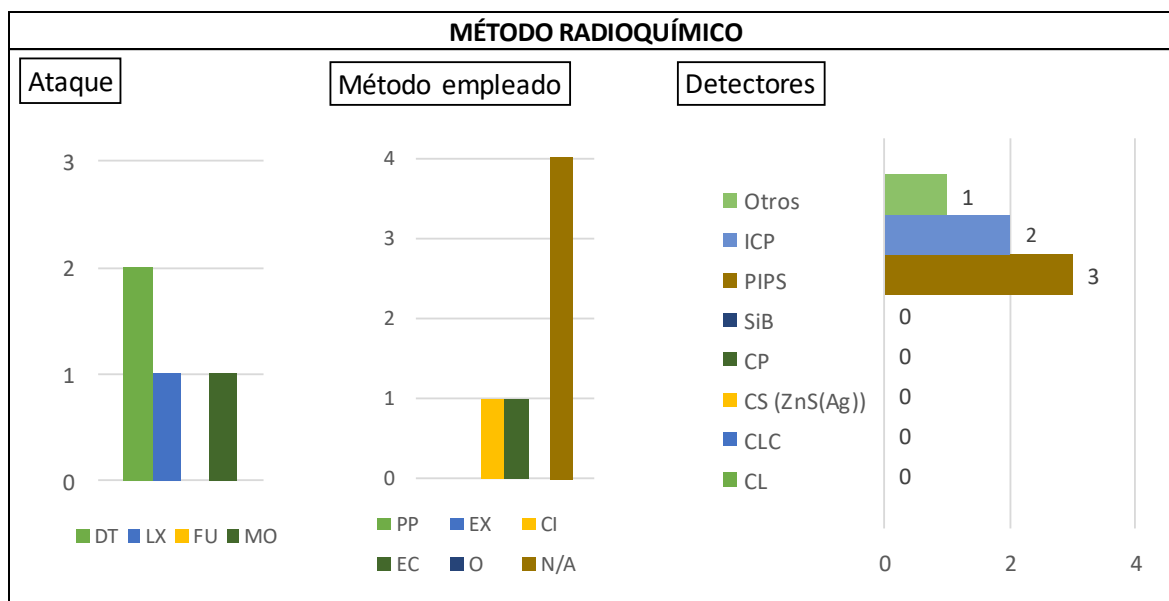


Figura 67. Métodos y detectores utilizados para la determinación del uranio natural en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

Tabla 26. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el uranio natural en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	10	laboratorios
2. Media aritmética	101,8 ± 45,8	µg kg ⁻¹
3. Mediana	105	µg kg ⁻¹
4. Rango	[14,45-188]	µg kg ⁻¹
5. Coeficiente de variación	44,99	%
6. Skewness	-0,11	-
7. Curtosis	3,37	-

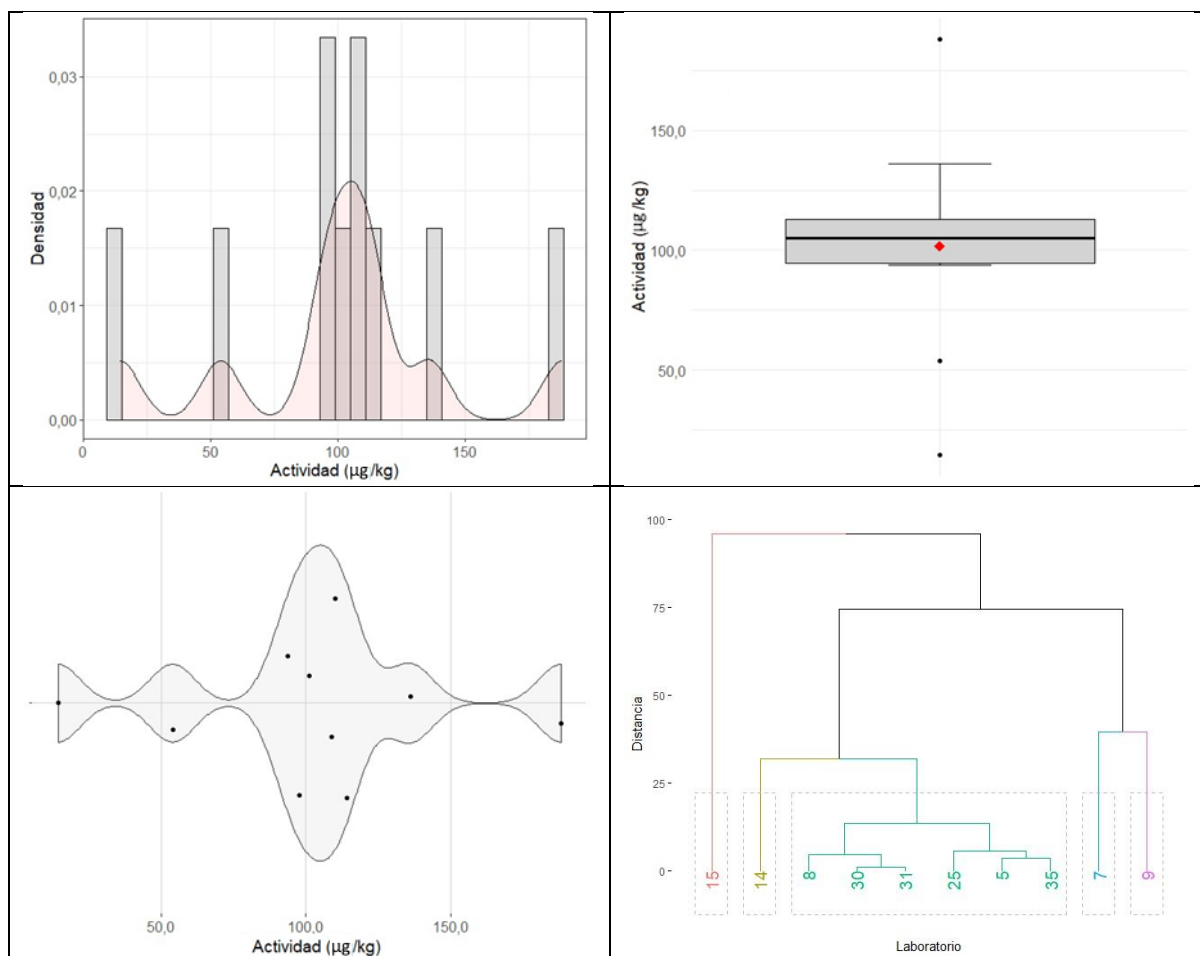


Figura 68. Gráficos estadísticos de los resultados del uranio natural en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.11. ^{238}Pu

El número de laboratorios participante en la determinación del ^{238}Pu fue de 10, obteniendo 9 de ellos una evaluación satisfactoria y 1 de ellos una evaluación no satisfactoria (Figura 69). El 60% de los laboratorios realizaron más de una determinación y el resto una única determinación. Las alícuotas y los tiempos de medida informados por los laboratorios son los habituales para las determinaciones por espectrometría alfa. Las relaciones entre la concentración de actividad y el LID fueron superiores a 2,5 veces. Los ataques realizados sobre la muestra fueron 4 mediante digestión total y 5 mediante lixiviación. El método más ampliamente utilizado fue la cromatografía iónica (Figura 70). Todos los laboratorios utilizaron detectores de semiconductor para medir las muestras. Los resultados no mostraron ninguna influencia sobre el método de ataque o preparación utilizado. La Tabla 27 muestra los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los resultados de los laboratorios. La mediana fue muy similar a la actividad añadida de $0,434 \pm 0,034 \text{ Bq kg}^{-1}$. El valor obtenido para la *skewness* mostró un sesgo positivo debido al resultado del laboratorio 12, que según muestra el gráfico de caja y bigotes (Figura 71) fue atípico. Los restantes laboratorios obtuvieron resultados que estuvieron agrupados entre sí.

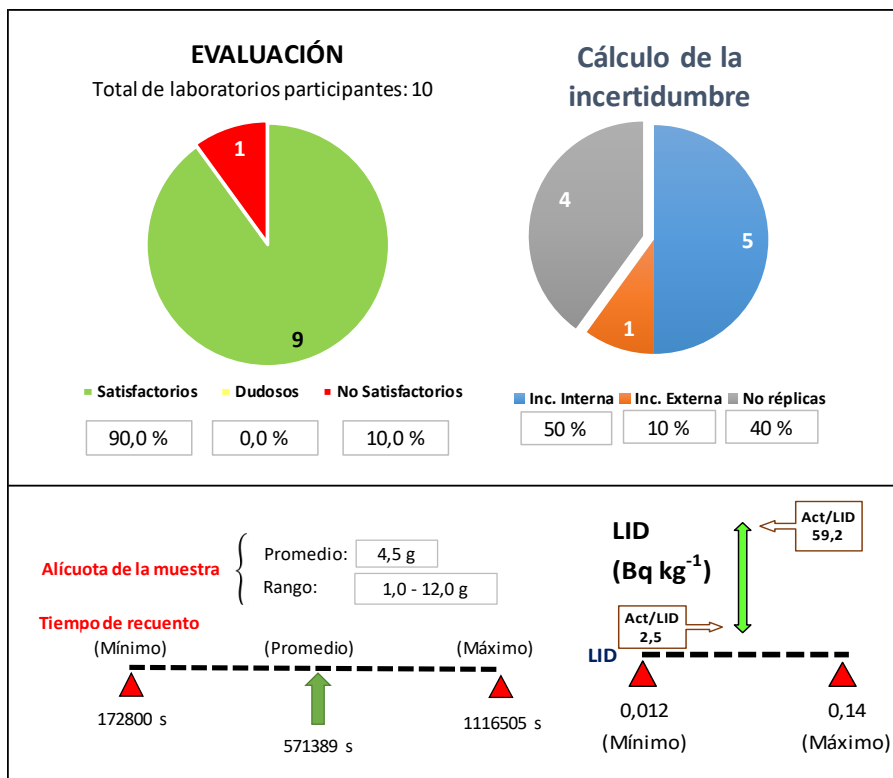


Figura 69. Evaluación de la determinación del ^{238}Pu en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

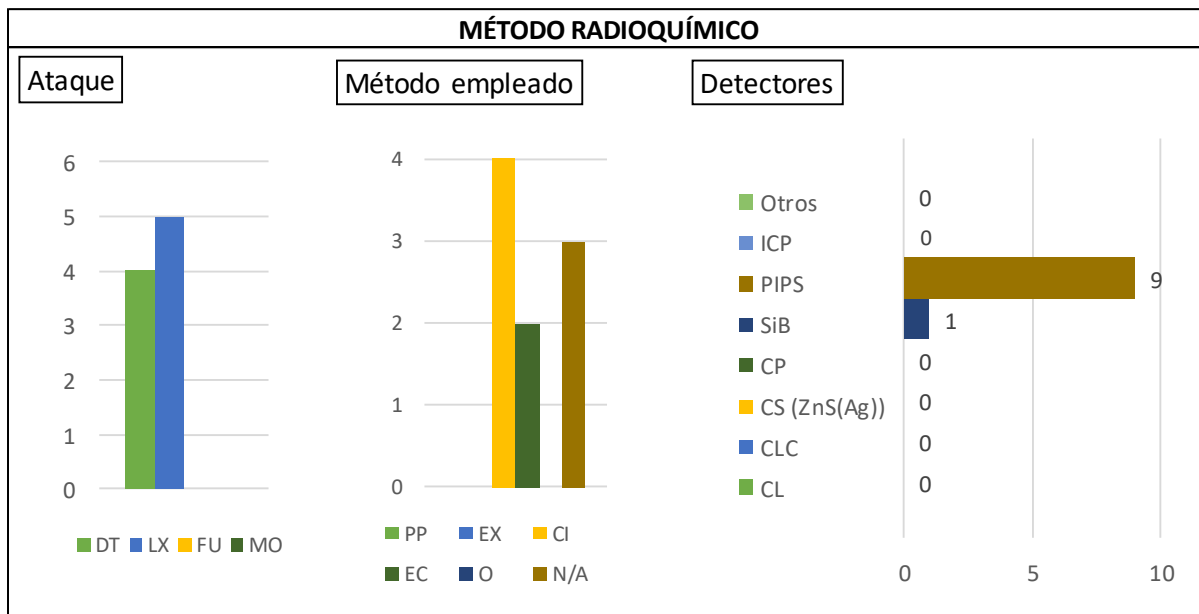


Figura 70. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{238}Pu en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

Tabla 27. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{238}Pu en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	10	laboratorios
2. Media aritmética	$0,4 \pm 0,1$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	0,4265	Bq kg^{-1}
4. Rango	[0,313-0,71]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	27,05	%
6. Skewness	1,23	-
7. Curtosis	3,81	-

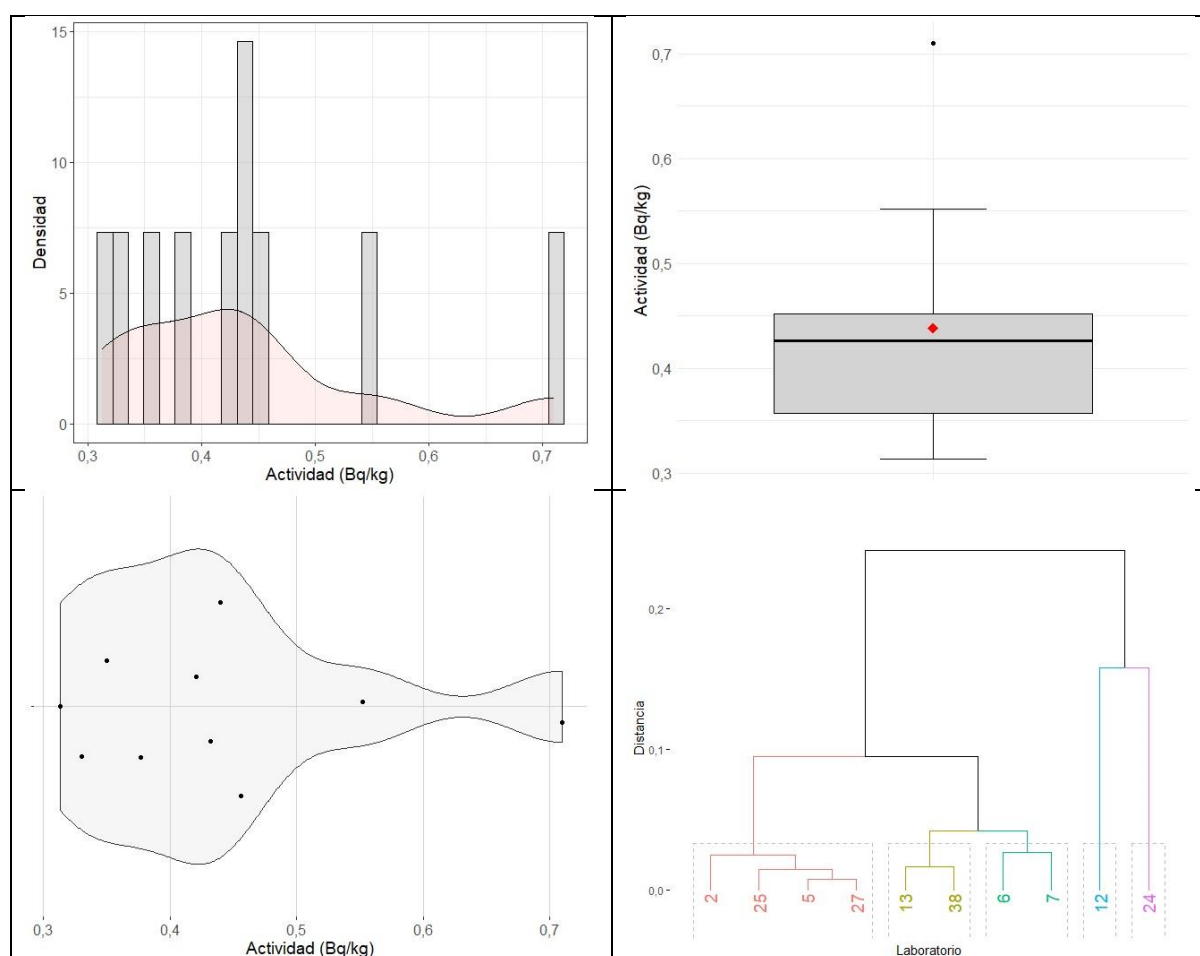


Figura 71. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{238}Pu en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendrograma con las agrupaciones por laboratorio

14.12. $^{239+240}\text{Pu}$

El $^{239+240}\text{Pu}$ fue analizado por 11 laboratorios, 8 de los cuales obtuvieron una evaluación satisfactoria y 3 no satisfactoria (Figura 72). Un conjunto de 7 laboratorios realizó más de una determinación mientras que 4 indicaron la realización de una única determinación. Los tiempos y alícuotas fueron los propios de la medida por espectrometría alfa tras la separación radioquímica. La relación entre la concentración de actividad y LID fue cercana a 1 para el laboratorio 7, que obtuvo una evaluación no satisfactoria. Los métodos de ataque de la muestra fueron principalmente mediante digestión total y lixiviación (Figura 73). Los métodos radioquímicos utilizados fueron equivalentes a los mencionados para el ^{238}Pu y los detectores donde fueron medidas las muestras fueron todos de semiconductor. La mediana fue equivalente a la actividad añadida ($0,433 \pm 0,034 \text{ Bq kg}^{-1}$). El dendograma de la Figura 74 mostró una diferencia entre la concentración de actividad obtenida por el laboratorio 12 y los restantes laboratorios.

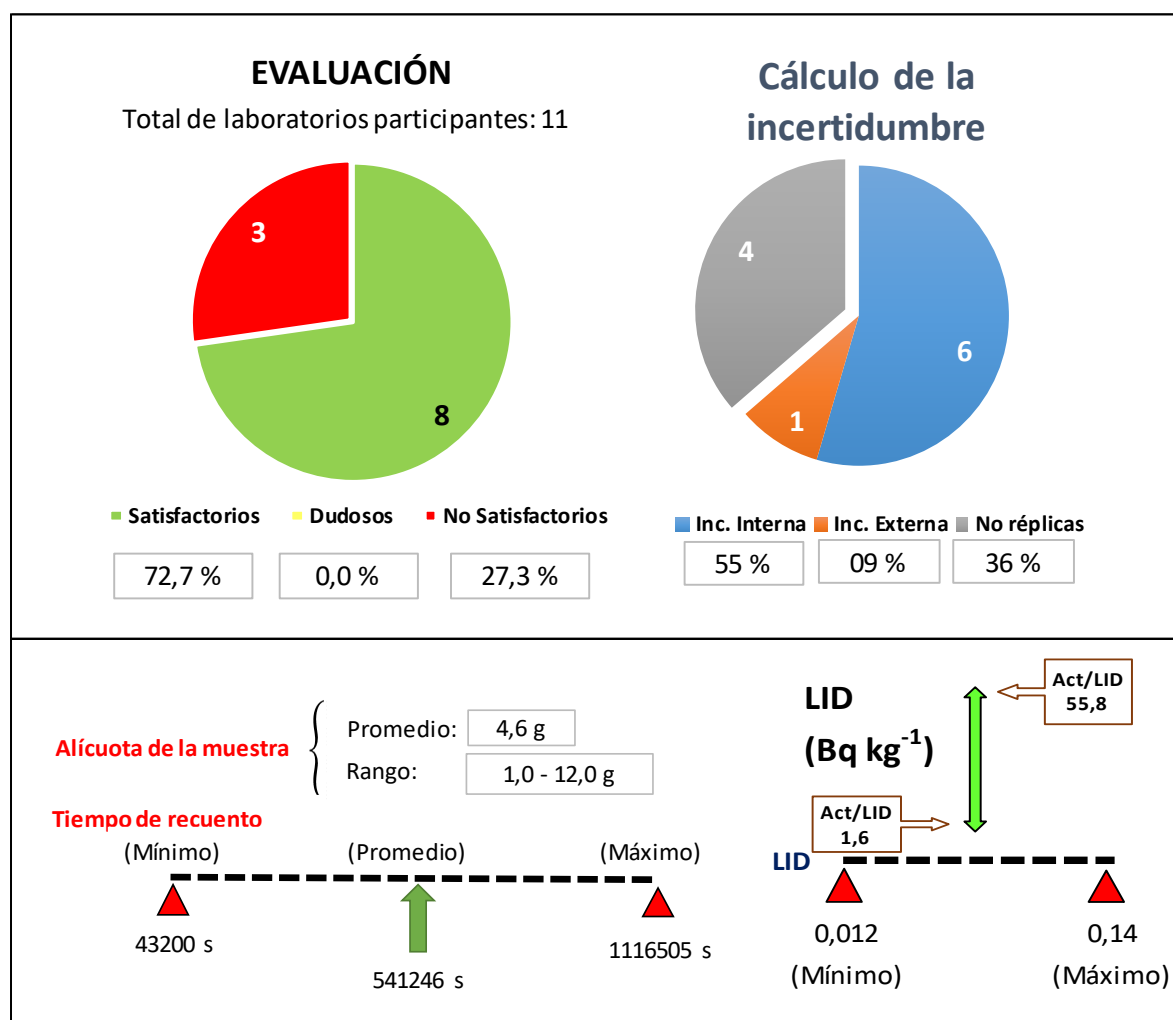


Figura 72. Evaluación de la determinación del $^{239+240}\text{Pu}$ en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

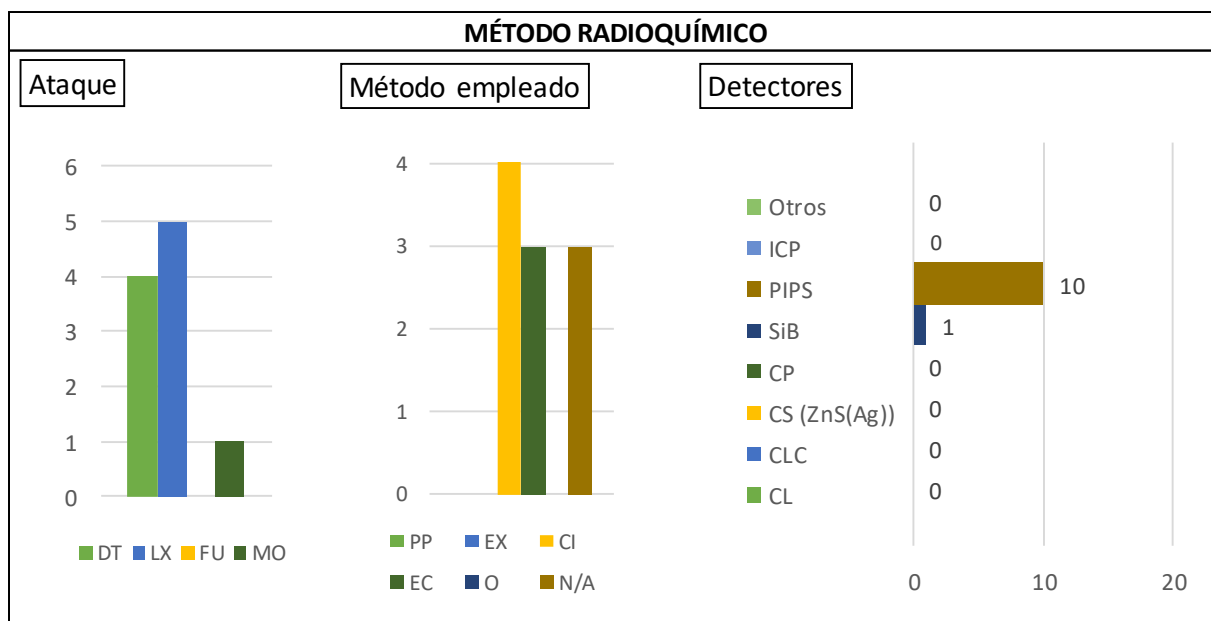


Figura 73. Métodos y detectores utilizados para la determinación del $^{239+240}\text{Pu}$ en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

Tabla 28. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el $^{239+240}\text{Pu}$ en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	11	laboratorios
2. Media aritmética	0,4 ± 0,1	Bq kg ⁻¹
3. Mediana	0,427	Bq kg ⁻¹
4. Rango	[0,22-0,67]	Bq kg ⁻¹
5. Coeficiente de variación	31,1	%
6. Skewness	0,2	-
7. Curtosis	2,53	-

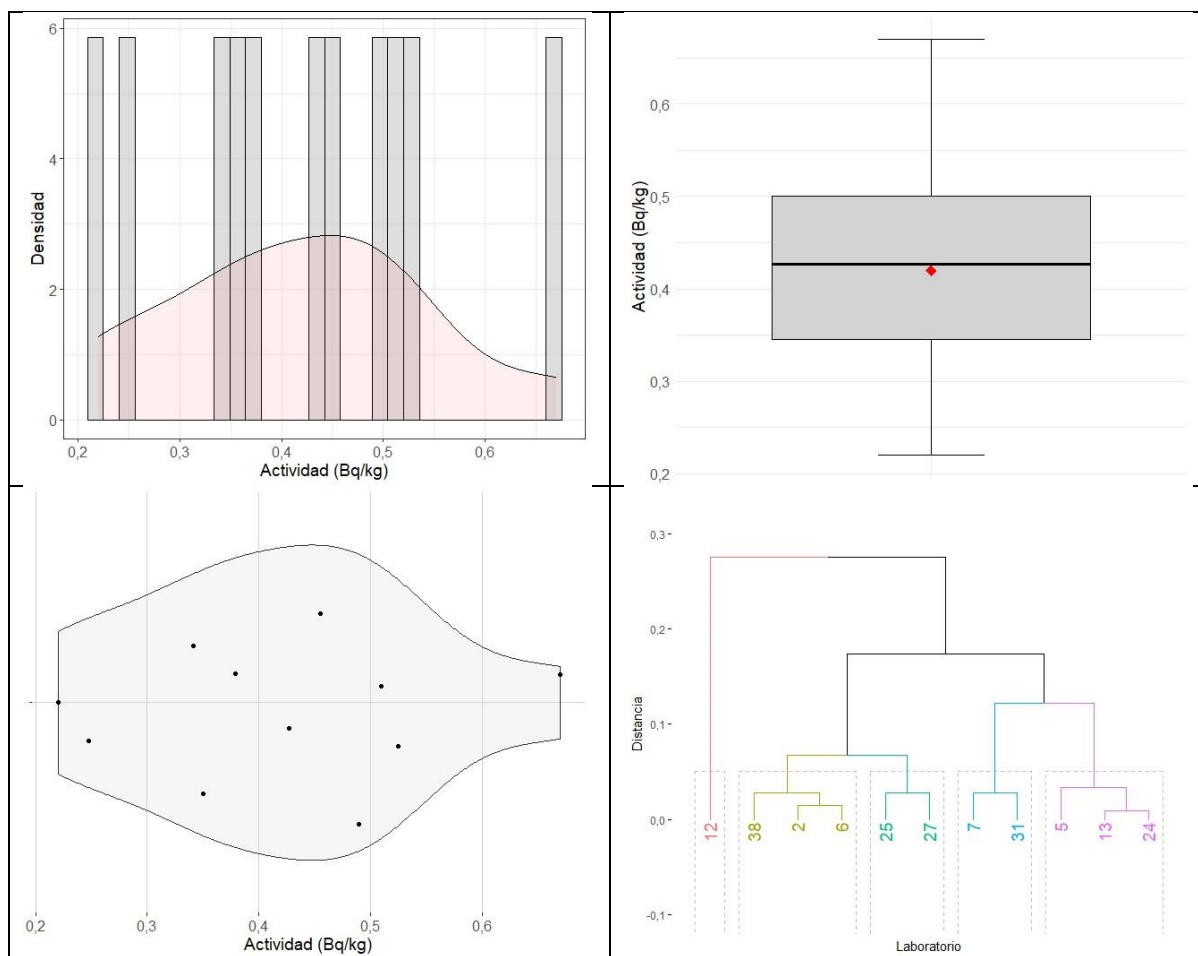


Figura 74. Gráficos estadísticos de los resultados del $^{239+240}\text{Pu}$ en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.13. ^{241}Am

El ^{241}Am fue analizado por 11 laboratorios obteniendo el 72,7% una evaluación satisfactoria y el 18,2% una evaluación no satisfactoria (Figura 75). El laboratorio 28 obtuvo una actividad por debajo del límite de detección informando este valor. El 45% de los laboratorios realizaron más de una determinación mientras que el 45% sólo realizaron una determinación. Las alícuotas y tiempos de medida fueron las debidas a la espectrometría gamma y alfa, siendo el valor máximo debido a la espectrometría gamma. La relación entre la concentración de actividad y el LID fue como mínimo de 2,2 veces obteniéndose unos límites de detección muy sensibles que alcanzaron una relación de 75 veces. Los laboratorios 15, 28 y 29 realizaron la determinación mediante la medida directa de la muestra por espectrometría gamma. La mediana obtenida a partir de los resultados de los 10 laboratorios cuyas concentraciones de actividad fueron superiores al LID fue muy próxima a la actividad añadida con la que se evaluó el ^{241}Am ($0,496 \pm 0,039 \text{ Bq kg}^{-1}$) con un sesgo relativo del 1,3% (Tabla 29). El gráfico de caja y bigotes mostró dos resultados atípicos correspondientes a los laboratorios 12 y 29 que son los que obtuvieron la evaluación no satisfactoria (Figura 77). El dendograma muestra como los resultados obtenidos por los diferentes laboratorios tuvieron muy poca diferencia entre sí.

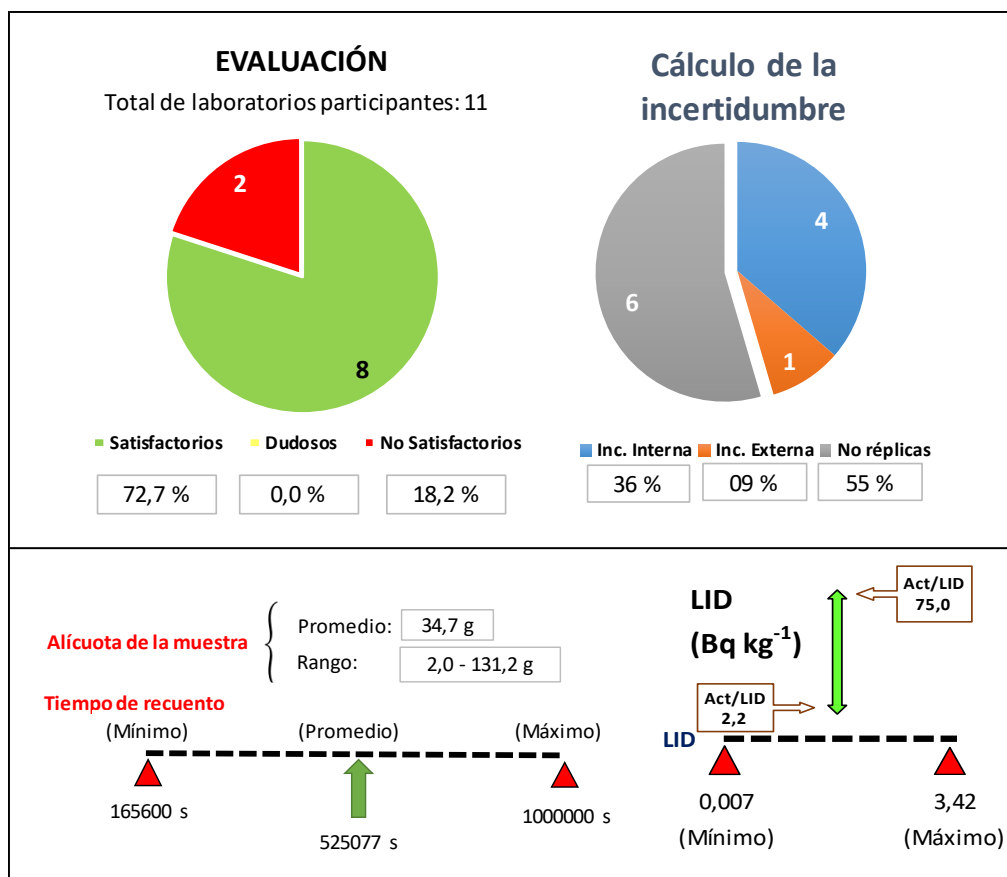


Figura 75. Evaluación de la determinación del ²⁴¹Am en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

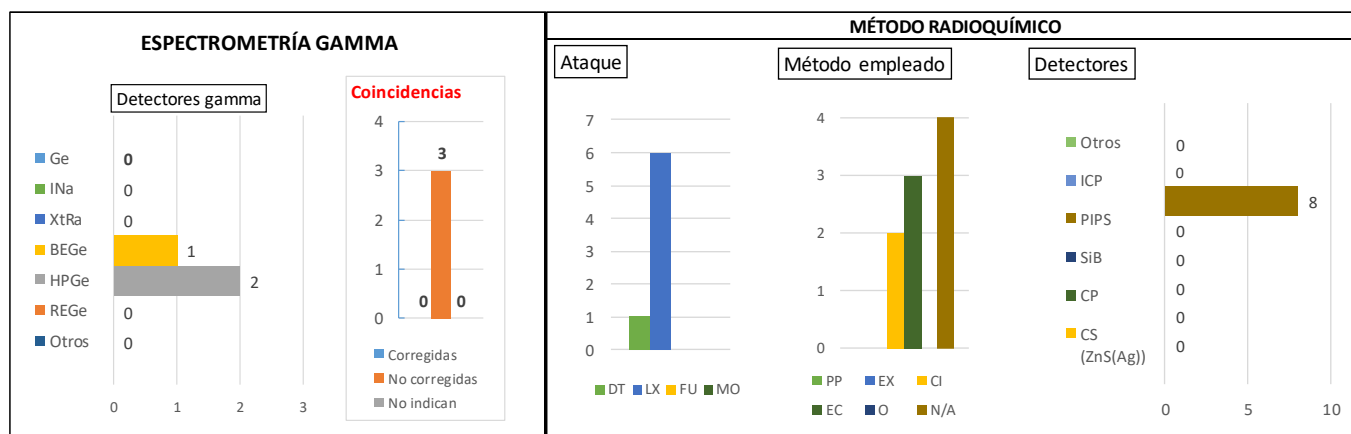


Figura 76. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ²⁴¹Am en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) ReGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

Tabla 29. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{241}Am en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	10	laboratorios
2. Media aritmética	$0,57 \pm 0,18$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	0,5025	Bq kg^{-1}
4. Rango	[0,41-1,02]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	31,52	%
6. Skewness	1,71	-
7. Curtosis	4,85	-

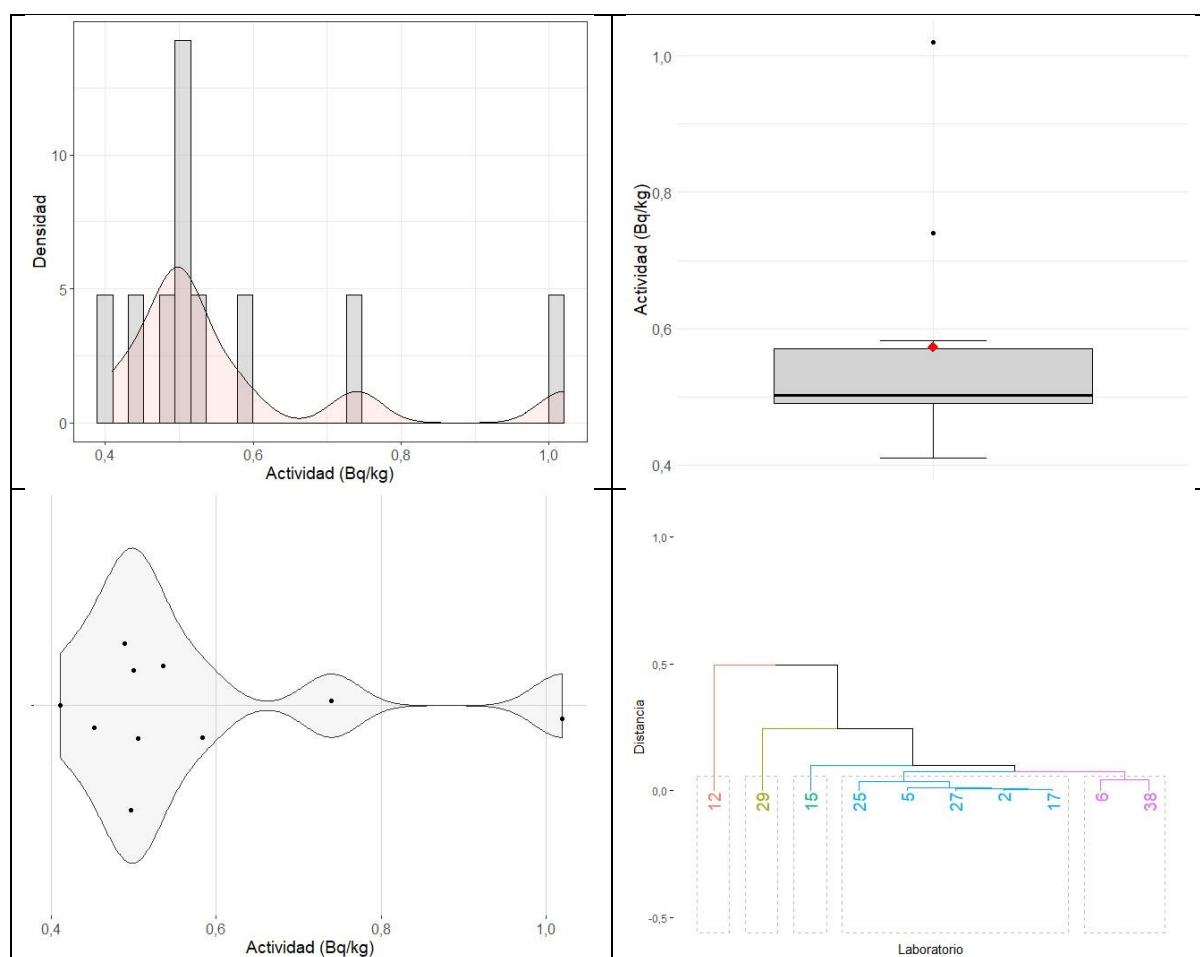


Figura 77. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{241}Am en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendrograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.14. $^{243+244}\text{Cm}$

El $^{243+244}\text{Cm}$ fue el radionucleido “sorpresa” indicado en las bases técnicas del ejercicio intercomparativo: “*En caso de detectar actividad de algún otro EMISOR ALFA ARFIFICIAL en la separación de plutonio y el americio, incluir los resultados en la fila “ALFA ARTIFICIAL” de la plantilla. NO SE EVALUARÁ este emisor, pero sí incluirá información sobre el mismo*”. El $^{243+244}\text{Cm}$ fue analizado por 7 laboratorios y, de ellos, el laboratorio 12 sólo notificó su presencia, por tanto, aunque en las bases se indicó que no se iba evaluar, los resultados entregados por los laboratorios tampoco dieron opción a ello. El resultado de la mediana fue de $1,89 \text{ Bq kg}^{-1}$ y los valores de los laboratorios, salvo el del laboratorio 17, estuvieron agrupados según muestran los gráficos de la Figura 80.

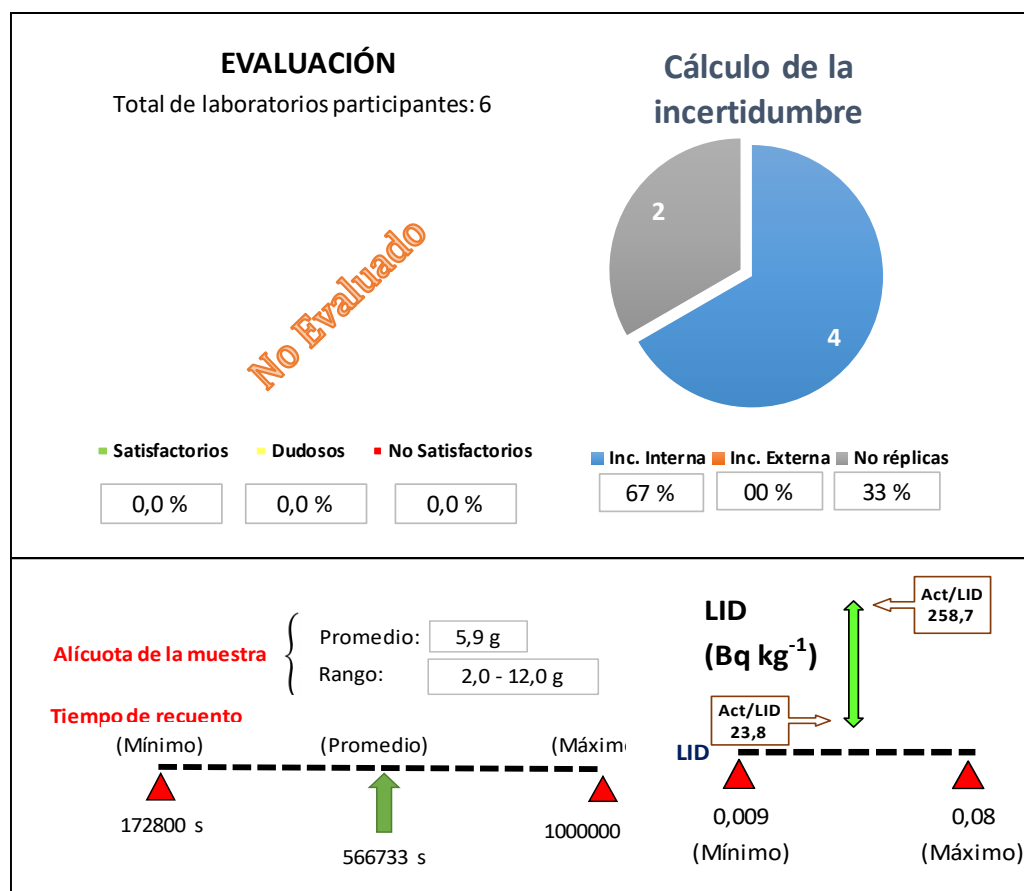


Figura 78. Evaluación de la determinación del $^{243+244}\text{Cm}$ en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

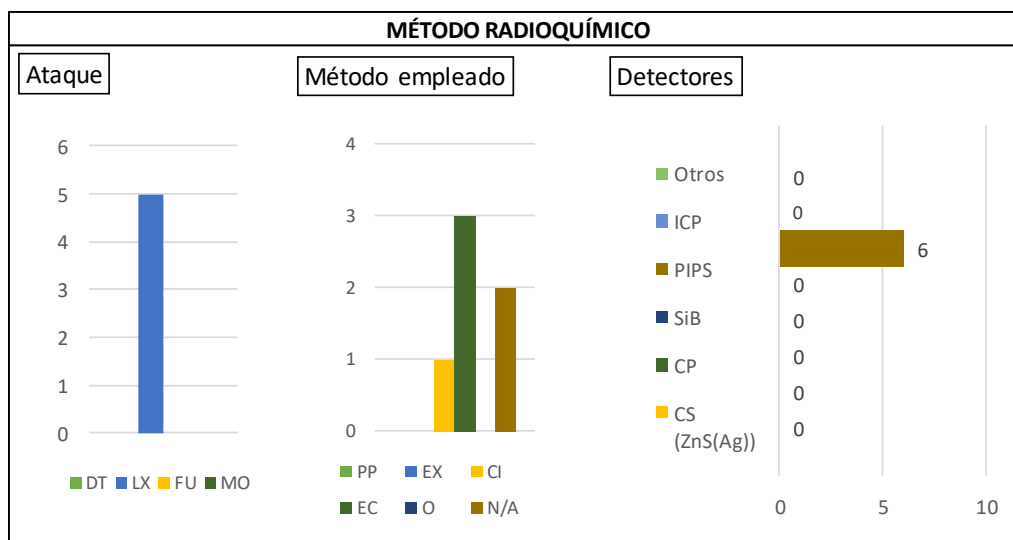


Figura 79. Métodos y detectores utilizados para la determinación del $^{243+244}\text{Cm}$ en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido. Las siglas de los ataques realizados en la muestra son: i) DT es digestión total, ii) LX es lixiviación, iii) FU es fusión y iv) MO es microondas. Las siglas de los métodos radioquímicos son: i) PP es separación mediante precipitación, ii) EX es extracción líquido-líquido, iii) CI es cromatografía iónica, iv) EC es extracción cromatográfica, v) O es otros y vi) N/A es no indicado.

Tabla 30. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el $^{243+244}\text{Cm}$ en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	6	laboratorios
2. Media aritmética	1,96 ± 0,15	Bq kg ⁻¹
3. Mediana	1,89	Bq kg ⁻¹
4. Rango	[1,84-2,23]	Bq kg ⁻¹
5. Coeficiente de variación	7,44	%
6. Skewness	1,27	-
7. Curtosis	3,13	-

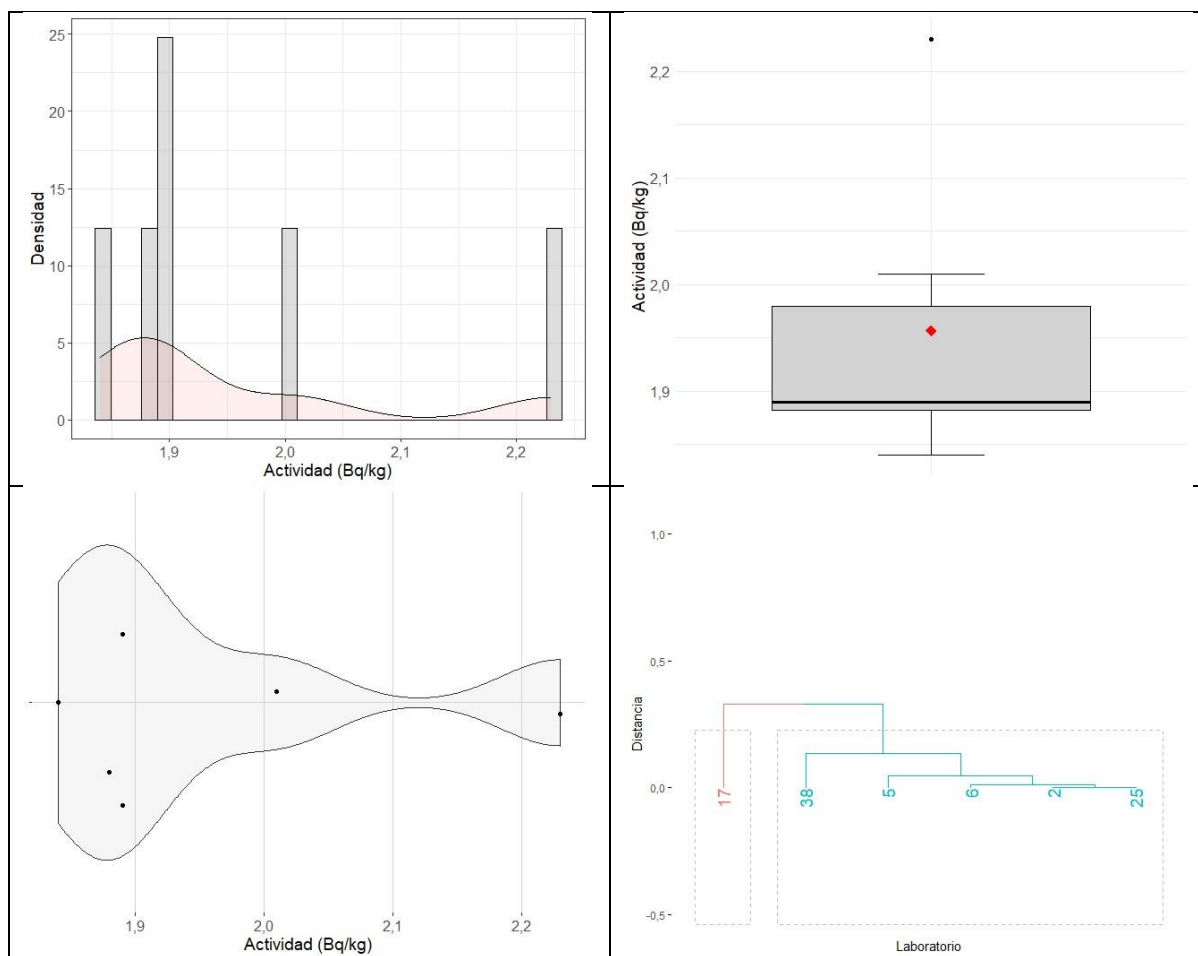


Figura 80. Gráficos estadísticos de los resultados del $^{243+244}\text{Cm}$ en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendrograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.15. ^{54}Mn

El ^{54}Mn obtuvo una evaluación satisfactoria para los 31 laboratorios participantes. El 35% de los laboratorios realizaron más de una determinación (Figura 81). La relación entre la concentración de actividad y el LID fue como mínimo de 2,5 veces y los tiempos de recuento fueron de media 249945 s. Los resultados mejoraron respecto al plazo de 72 horas en el que se obtuvo un 88,9% de resultados satisfactorios. Todos los laboratorios utilizaron la espectrometría gamma para realizar la determinación de la concentración de actividad del ^{54}Mn utilizando los detectores que se reflejan en la Figura 82. Las TCS fueron corregidas por 4 laboratorios sin embargo no era necesario ya que el ^{54}Mn no sufre TCS. La Tabla 31 muestra los parámetros obtenidos en el estudio estadístico de los resultados del ^{54}Mn . La mediana obtenida se diferencia en un 2,6% respecto de la actividad añadida ($8,41 \pm 0,66 \text{ Bq kg}^{-1}$). Los gráficos estadísticos mostraron que la distribución era platicúrtica existiendo cierta bimodalidad en la distribución de los resultados obtenidos por los laboratorios. Esta forma de la distribución se refleja en el gráfico de violín en el que se observan los dos grupos de valores que crean los dos modos en la distribución (Figura 83). Asimismo, los laboratorios 11, 26 y 36 fueron mayores al resto provocando el ligero sesgo

positivo observado en los cuartiles 3 y 4 del gráfico de caja y bigotes y las distancias en el dendograma.

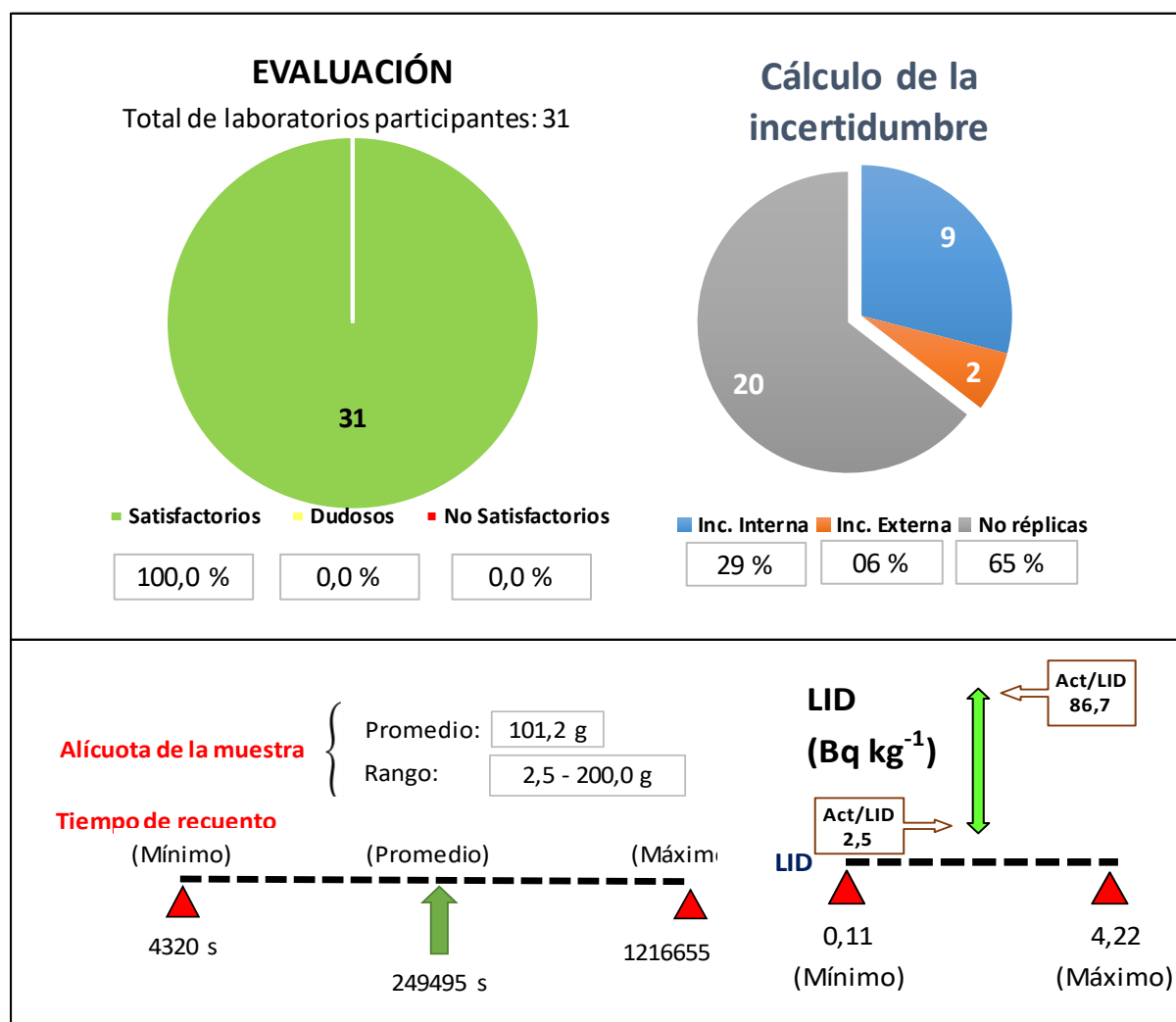


Figura 81. Evaluación de la determinación del ^{54}Mn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

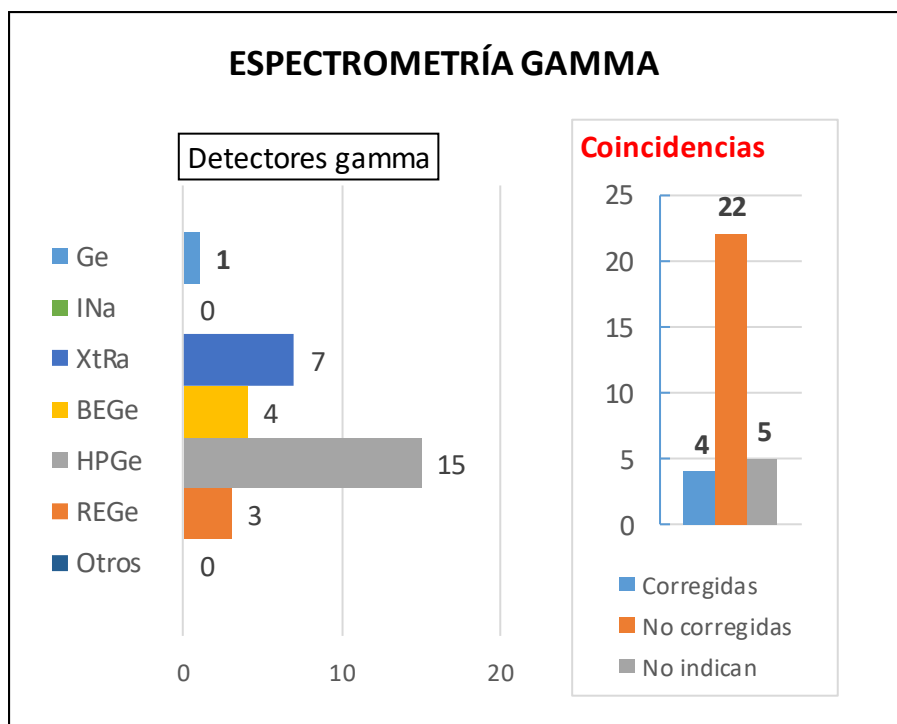


Figura 82. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{54}Mn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) ReGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio.

Tabla 31. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{54}Mn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	31	laboratorios
2. Media aritmética	$8,84 \pm 0,77$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	8,63	Bq kg^{-1}
4. Rango	[7,6-10,5]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	8,73	%
6. Skewness	0,32	-
7. Curtosis	2,16	-

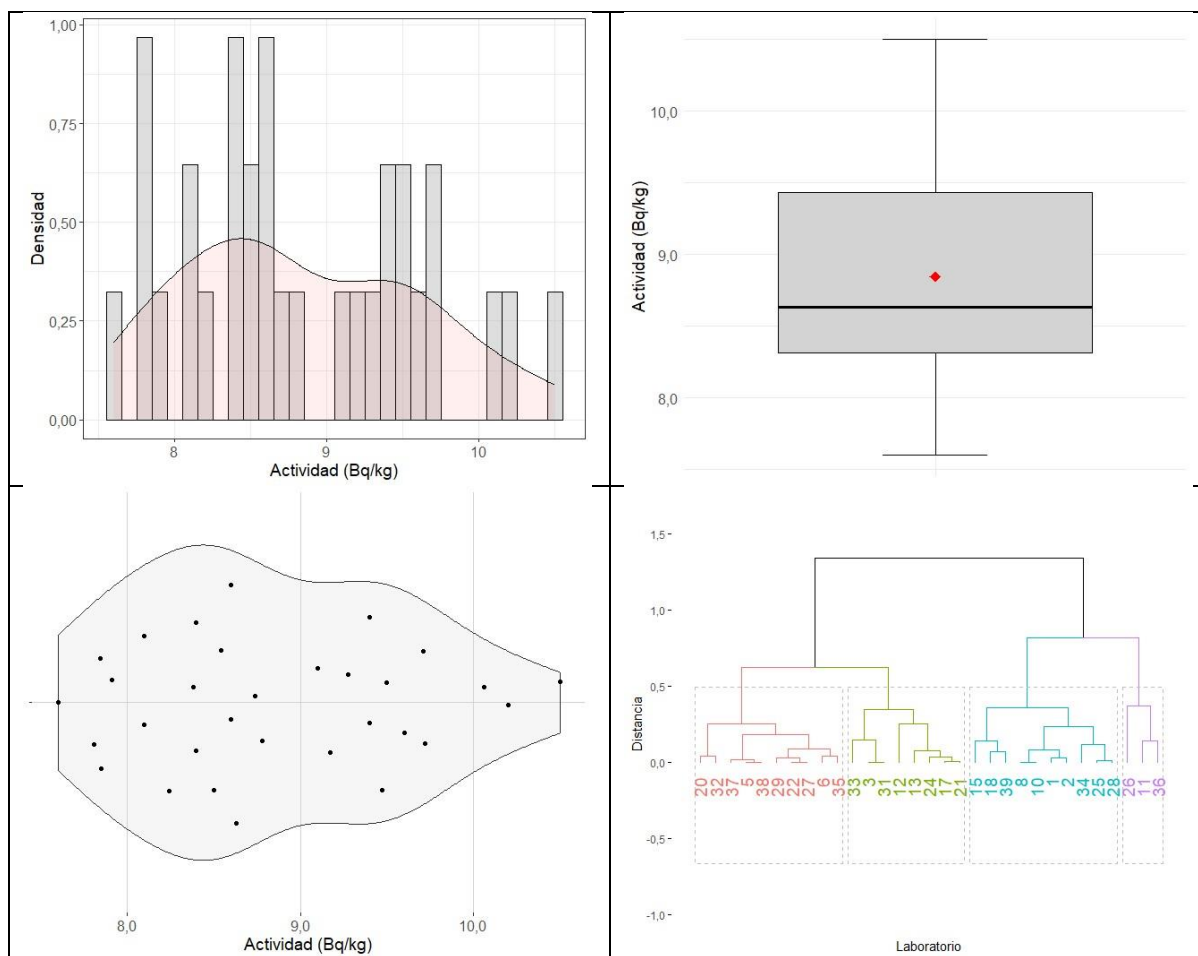


Figura 83. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{54}Mn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.16. ^{60}Co

El ^{60}Co obtuvo una evaluación satisfactoria para los 33 participantes. La determinación del ^{60}Co mejoró respecto del periodo de 72 horas en el que se obtuvo un 96,3% de evaluaciones satisfactorias (Figura 84). El 39% de los laboratorios realizaron más de una determinación y el tiempo medio de medida fue de 249677 s (Figura 84). La relación entre la concentración de actividad y LID fue de 1,5 veces para el laboratorio 29 que estuvo más próximo al LID que los restantes laboratorios. La técnica de medida utilizada por todos los laboratorios fue la espectrometría gamma con los detectores que se muestran en la Figura 85. Las correcciones por TCS fueron realizadas por 8 laboratorios (Figura 85), sin embargo, no se apreciaron mejoras en los resultados ya que, como fue comentado anteriormente, la evaluación fue satisfactoria en el 100% de los participantes del análisis del ^{60}Co . La mediana obtenida tuvo un sesgo relativo de 2,3% respecto del valor añadido que fue $7,07 \pm 0,55 \text{ Bq kg}^{-1}$. La forma de la distribución fue leptocúrtica ya que el valor de la curtosis fue superior a 3, asimismo, el valor de *skewness* reflejó que existía un ligero sesgo positivo. Los gráficos estadísticos recogidos en la Figura 86 muestran lo informado por los parámetros estadísticos. La gráfica de caja y bigotes muestra la baja dispersión en los cuartiles 2 y 3 (50% de los valores) que coincide con el valor de la curtosis. Esta gráfica también muestra como el laboratorio 11 obtuvo un valor atípico respecto al resto de

laboratorios, sin embargo, la evaluación fue satisfactoria. El dendograma también mostró como el laboratorio 30 obtuvo un valor más bajo que los restantes laboratorios.

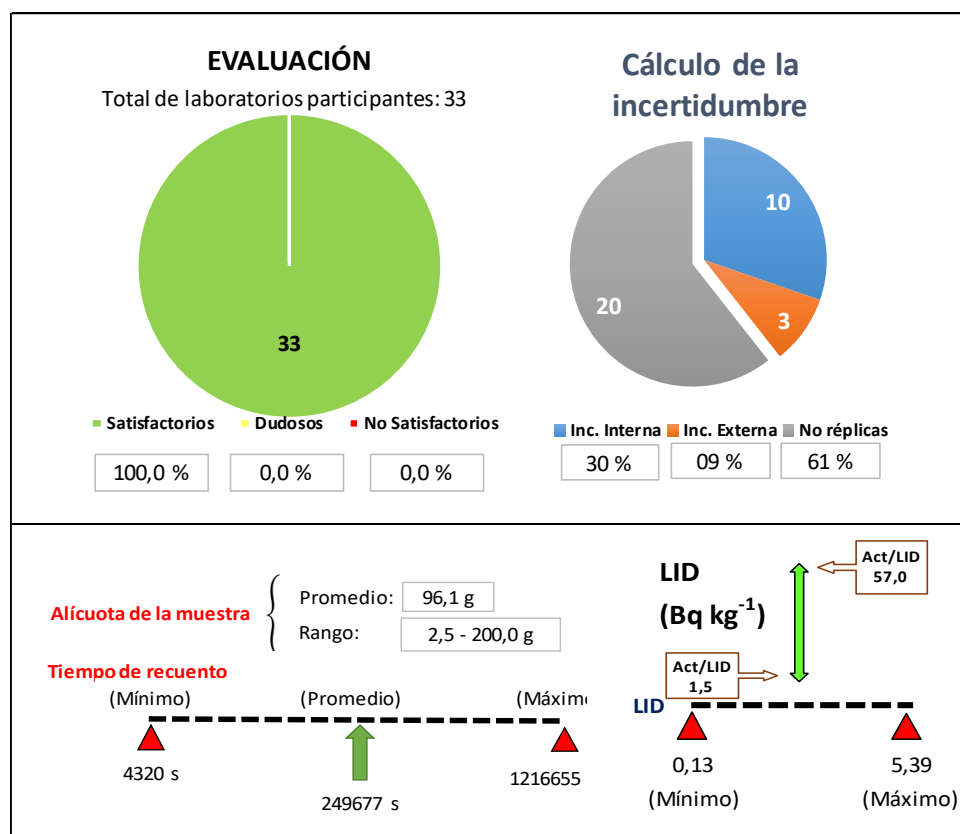


Figura 84. Evaluación de la determinación del ^{60}Co en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

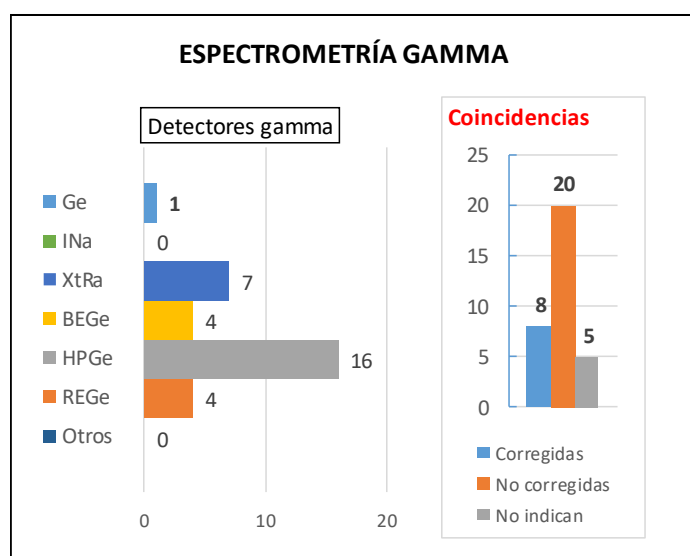


Figura 85. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{60}Co en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) ReGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio.

Tabla 32. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{60}Co en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	33	laboratorios
2. Media aritmética	$7,12 \pm 0,78$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	7,23	Bq kg^{-1}
4. Rango	[5,2-9,4]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	10,94	%
6. Skewness	0,25	-
7. Curtosis	4,17	-

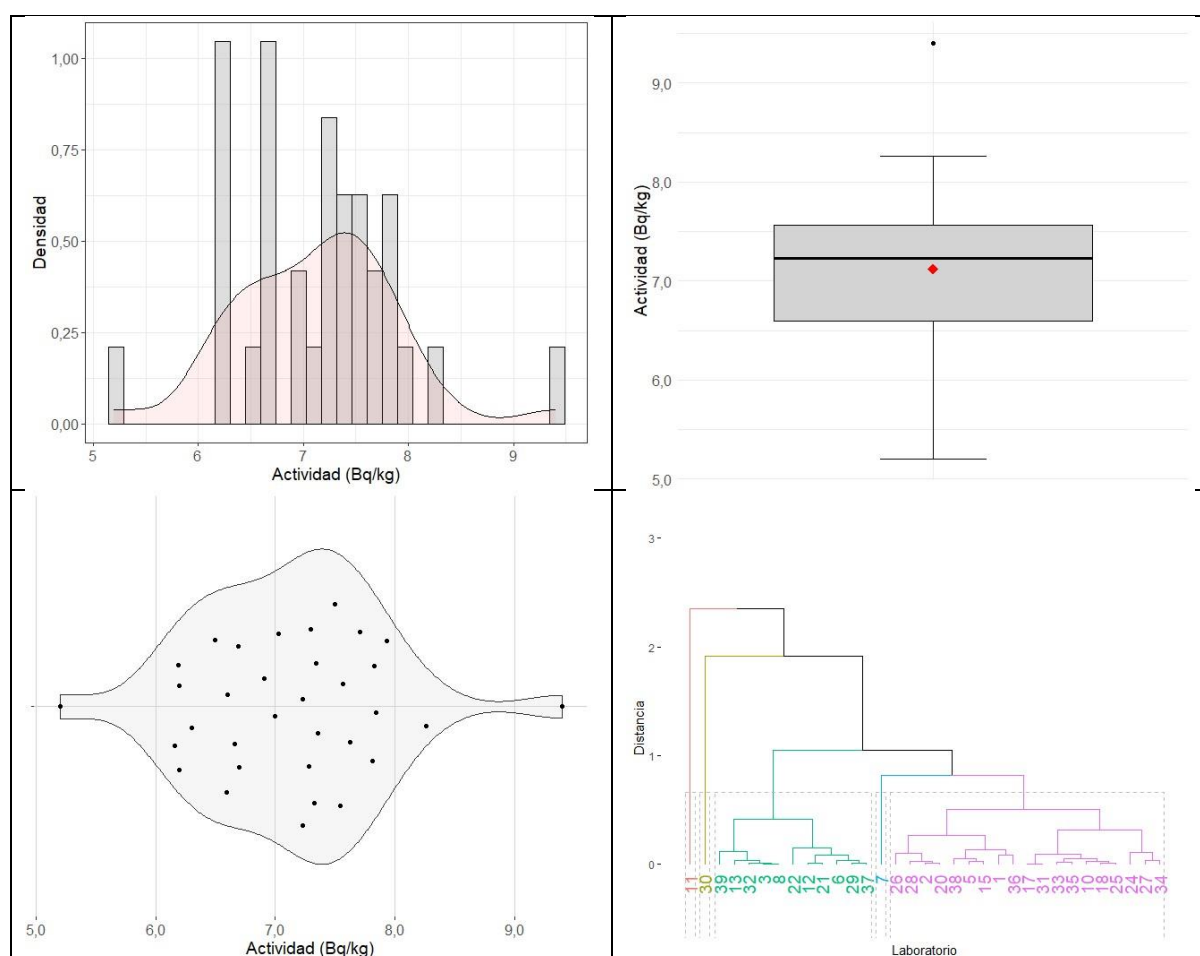


Figura 86. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{60}Co en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendrograma con las agrupaciones por laboratorio.

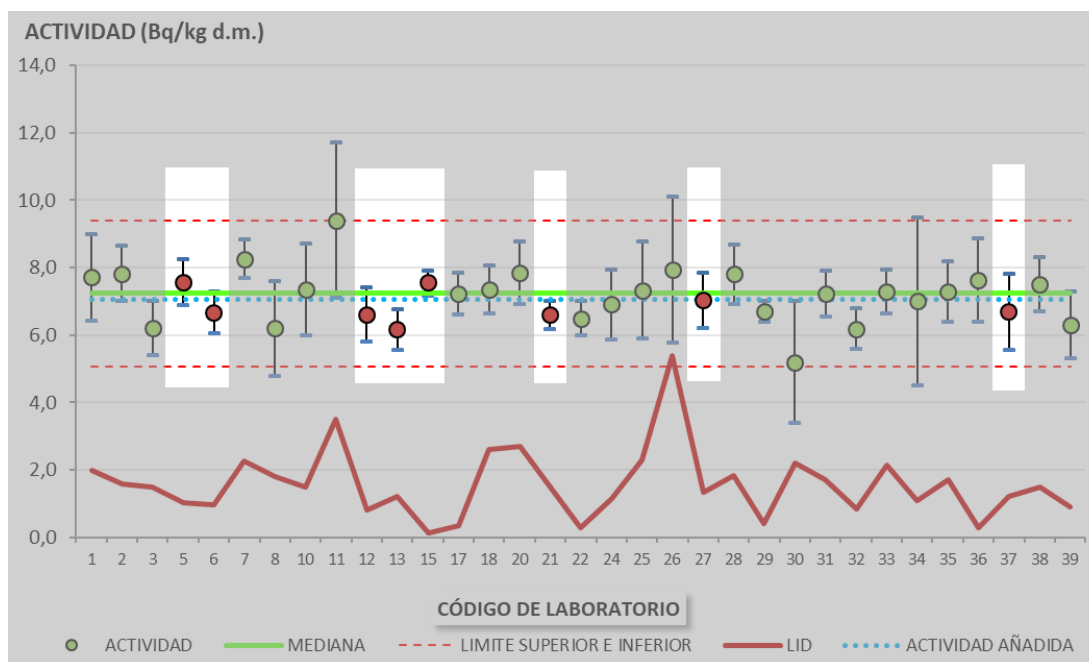


Figura 87. Laboratorios que realizaron la corrección de suma de coincidencias reales (TCS) para el ^{60}Co en la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 3 meses.

14.17. ^{65}Zn

El 89,3% de los 28 laboratorios que determinaron el ^{65}Zn consiguieron una evaluación satisfactoria y 3 laboratorios obtuvieron una evaluación no satisfactoria (Figura 88). Los resultados satisfactorios para el período de 3 meses disminuyeron respecto al período de 72 horas (95,8%). Las muestras fueron analizadas con una única determinación por 17 laboratorios. La relación de la concentración de actividad y LID fue cercana a 1 para el laboratorio 26 que obtuvo una evaluación no satisfactoria. Todos los laboratorios utilizaron la espectrometría gamma para determinar la concentración de actividad del ^{65}Zn con los detectores que se detallan en la Figura 89. Los laboratorios 5, 6, 12 y 13 realizaron la corrección por TCS. Aunque el ^{65}Zn sufre suma de coincidencias en su emisión $\gamma_{2,0}$ de 1115,5 keV y las emisiones $\gamma_{2,1}$ de 344,9 keV y $\gamma_{1,0}$ de 770,6 keV, las intensidades de emisión son muy bajas y la probabilidad de que ocurran son muy bajas por lo que estas correcciones no se apreciarían en los resultados como se ha observado. La mediana obtenida (Tabla 33) se diferenció en un -7,6% de la actividad añadida. Por otra parte, la forma de la distribución fue platicúrtica, pero no hubo sesgo en los valores como se observa en la gráfica de violín y dendograma (Figura 90).

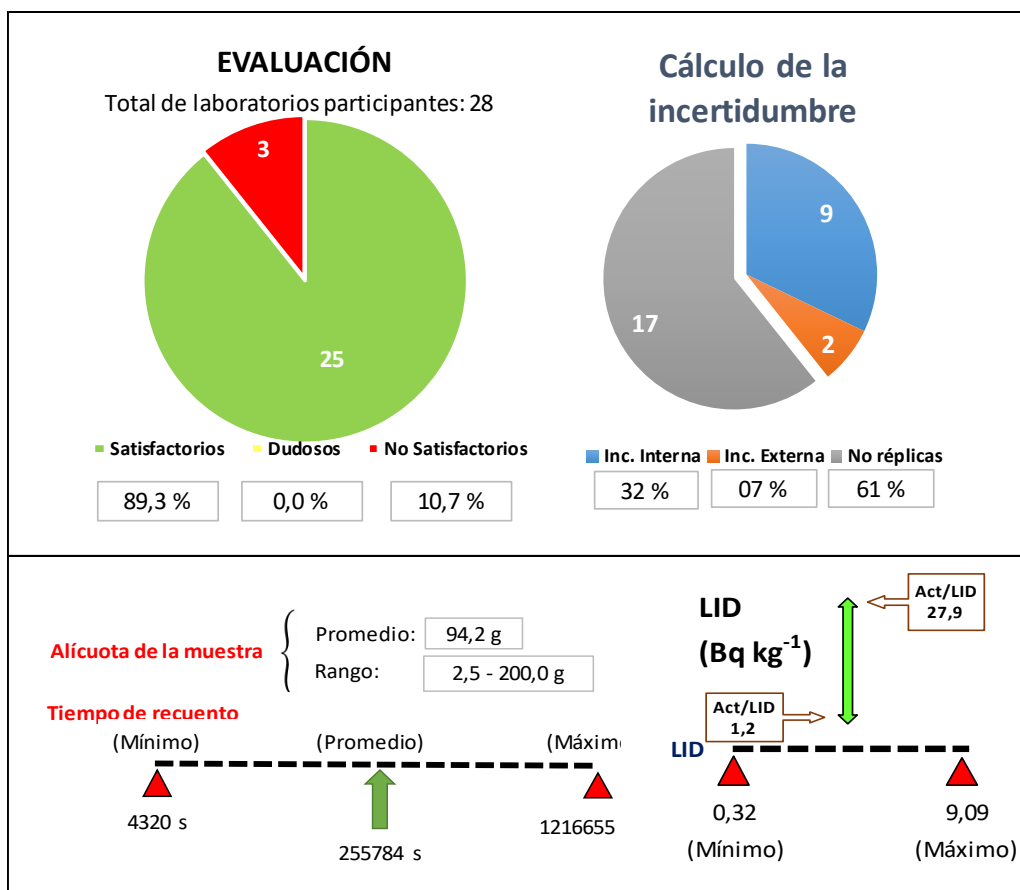


Figura 88. Evaluación de la determinación del ⁶⁵Zn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

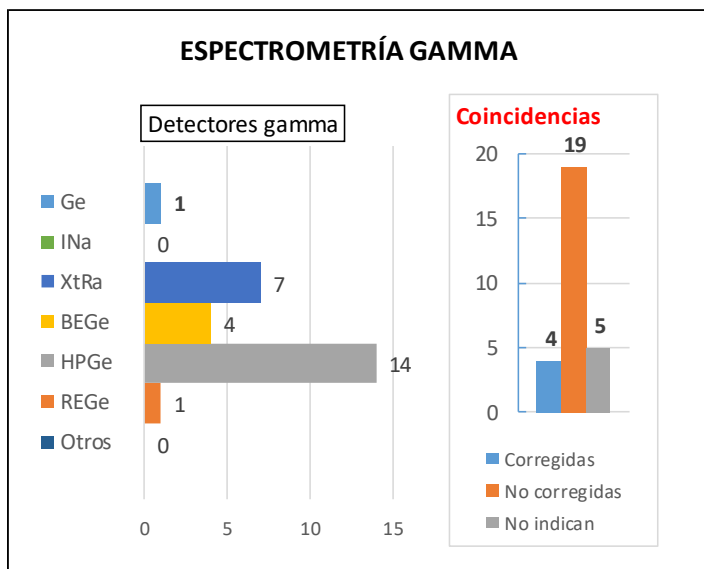


Figura 89. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ⁶⁵Zn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) ReGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio.

Tabla 33. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{65}Zn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	28	laboratorios
2. Media aritmética	$8,08 \pm 1,39$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	7,98	Bq kg^{-1}
4. Rango	[5,4-10,8]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	17,21	%
6. Skewness	0,07	-
7. Curtosis	2,68	-

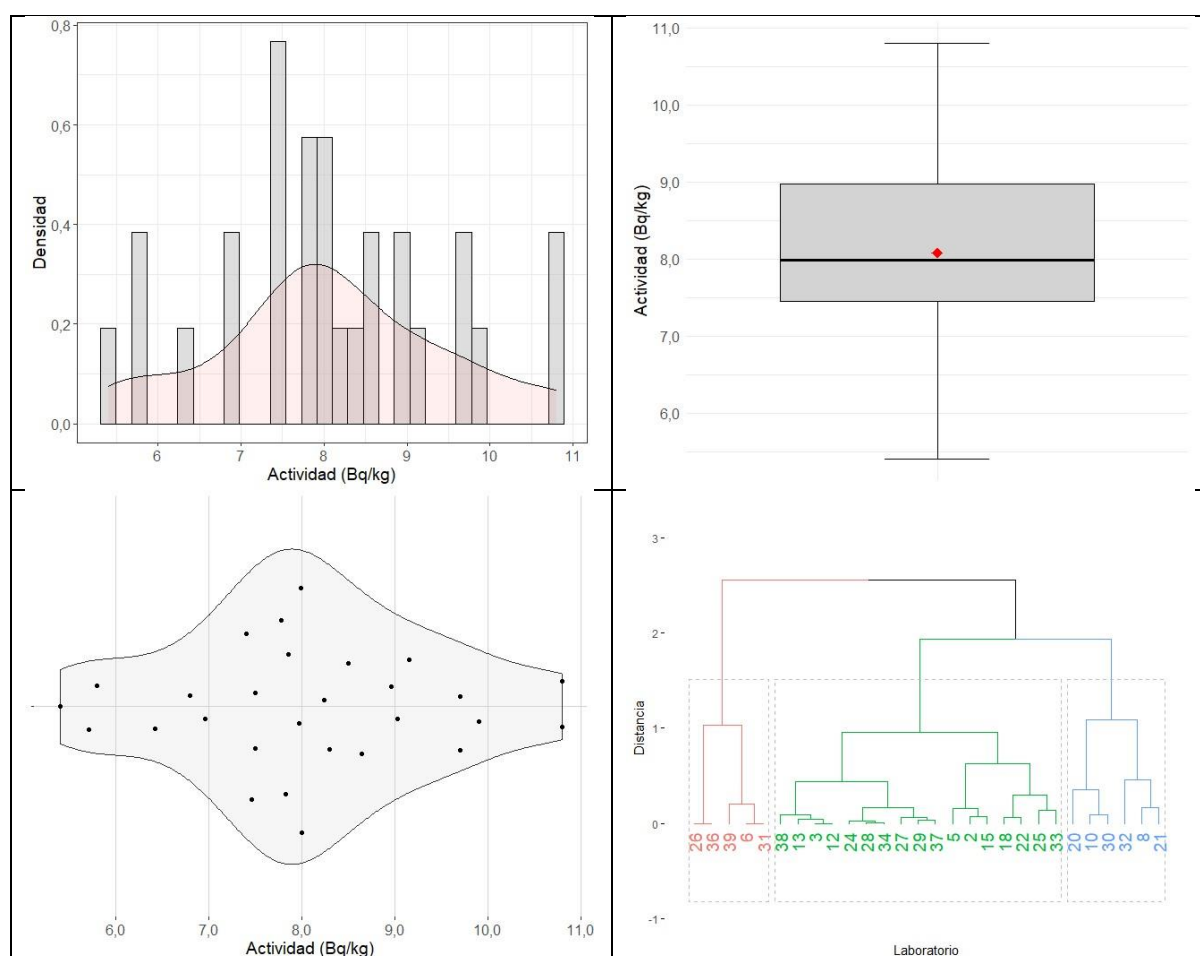


Figura 90. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{65}Zn en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.18. ^{110}mAg

El 92,3% de los 26 laboratorios que informaron concentraciones de actividad el ^{110}mAg obtuvieron una evaluación satisfactoria y únicamente 2 laboratorios obtuvieron una evaluación no satisfactoria (Figura 91). El porcentaje de resultados satisfactorios fue ligeramente inferior al

95,2% obtenido en el plazo de 72 horas. El 43% de los laboratorios realizó más de una determinación y el tiempo de medida medio fue de 261172 s. La relación entre la concentración de actividad y el LID fue de 1,6 veces (laboratorio 28), sin embargo, este laboratorio obtuvo una evaluación satisfactoria. La mediana fue diferente en un -11,0% que pudo deberse a que sólo 7 laboratorios de los 26 realizaron correcciones por TCS (Figura 92). La Figura 94 muestra el esquema de desintegración de la ^{110m}Ag , donde se puede comprobar el gran número de coincidencias de este radionucleido. Los laboratorios que realizaron la corrección por TCS obtuvieron actividades por encima de aquellos que no la realizaron (Figura 95). La posible influencia de la corrección por TCS se analizó determinando el RMSE (Raíz del Error Cuadrático Medio en inglés Root Mean Squared Error o RMSE). El RMSE se pudo aplicar al no existir valores atípicos que distorsionaran el significado de este parámetro. El RMSE obtenido para los resultados con corrección de la TCS fue de 0,39 mientras que se obtuvo un valor de 0,72 para los resultados en los que no se realizó la corrección. Por tanto, los resultados en los que se realizó la corrección de las TCS fueron más próximos al valor de la mediana con la que se evaluó el ejercicio. El ligero sesgo obtenido en el valor de *skewness* (Tabla 34) se debió al resultado obtenido por el laboratorio 32 que resultó como valor atípico en la gráfica de caja y bigotes Figura 95. Sin embargo, las diferencias entre las concentraciones de actividad de los restantes laboratorios fueron bajas como muestra el dendograma y la gráfica de violín.

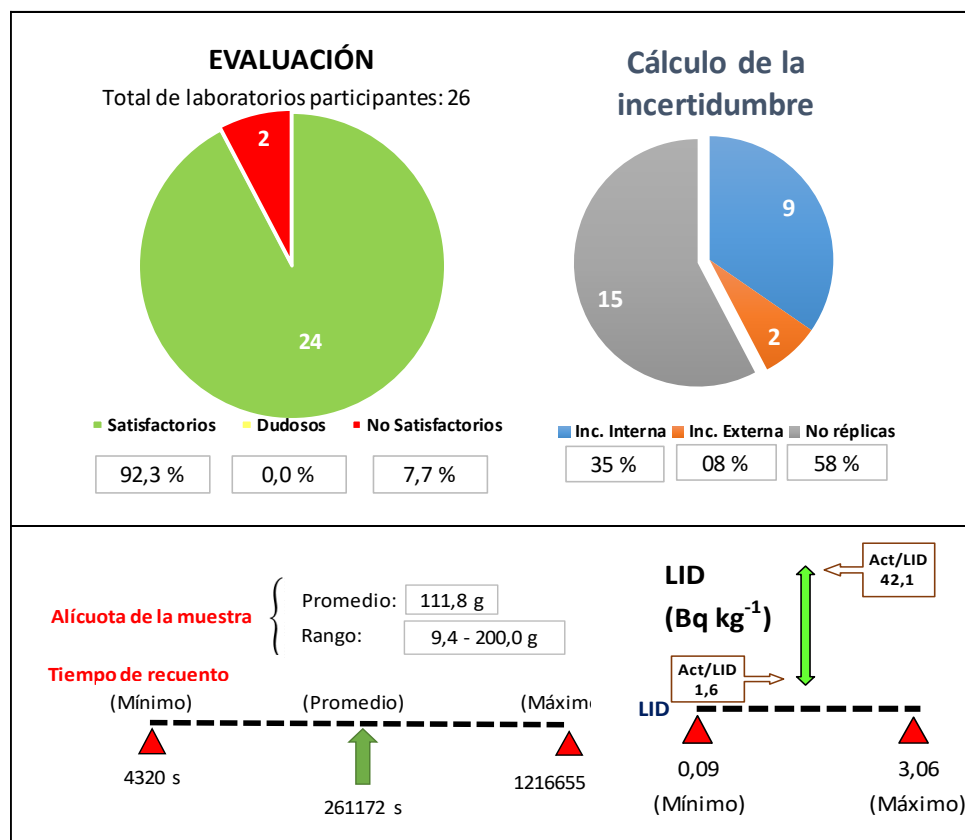


Figura 91. Evaluación de la determinación del ^{110m}Ag en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

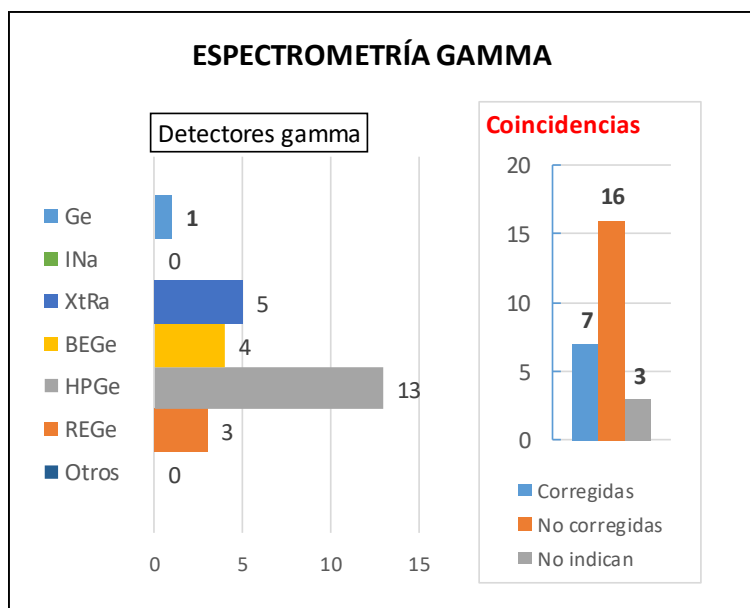


Figura 92. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{110m}Ag en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) ReGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio.

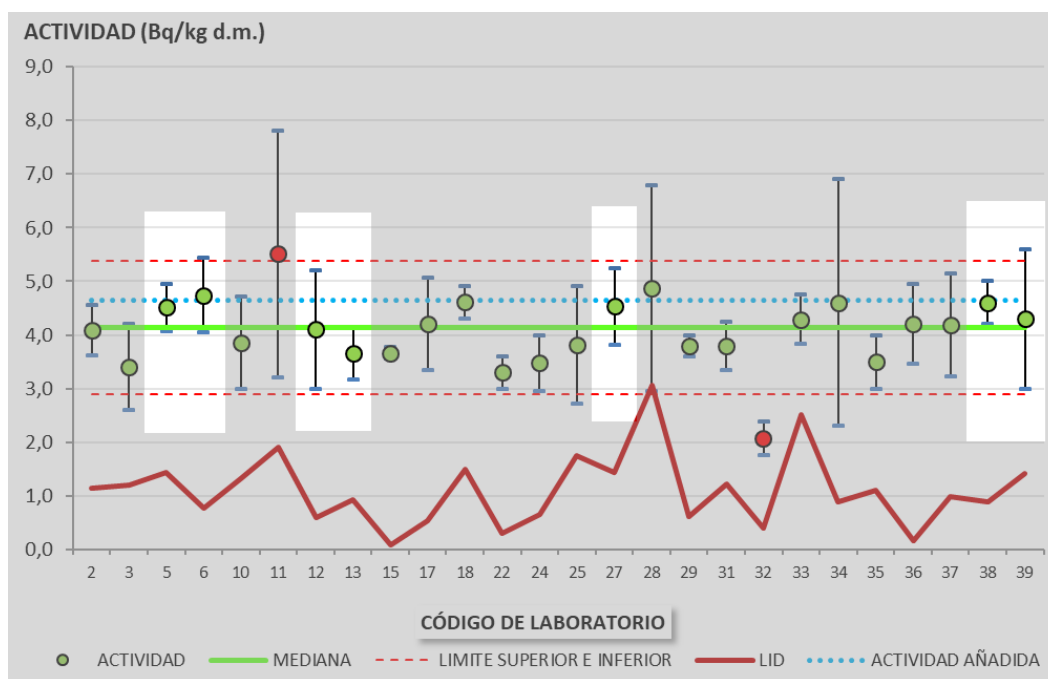


Figura 93. Laboratorios que realizaron la corrección por suma de coincidencias (TCS).

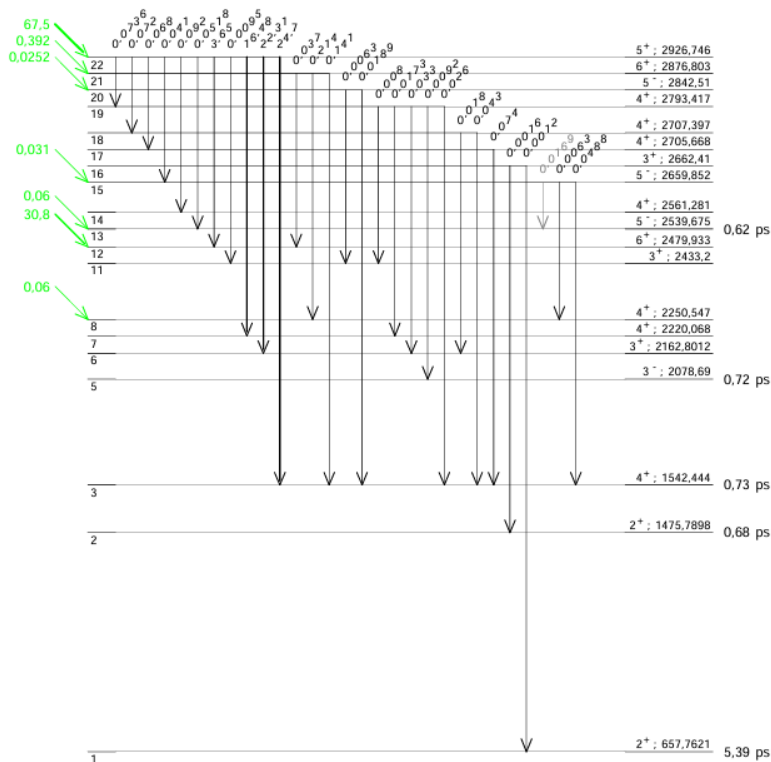


Figura 94. Esquema de desintegración de la ^{110m}Ag (1. Be, M.; Chisté, V.; Dulieu, C.; Kellett, M.; Mougeot, X.; Arinc, A.; Chechev, V.; Kuzmenko, N.; Kibédi, T.; Luca, A. Table of radionuclides (Vol. 8-A= 41 to 198); Bureau International Des Poids et Mesures (BIPM): Sèvres, 2016).

Tabla 34. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{110m}Ag en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	26	laboratorios
2. Media aritmética	4,07 ± 0,66	Bq kg ⁻¹
3. Mediana	4,145	Bq kg ⁻¹
4. Rango	[2,07-5,5]	Bq kg ⁻¹
5. Coeficiente de variación	16,21	%
6. Skewness	-0,68	-
7. Curtosis	4,83	-

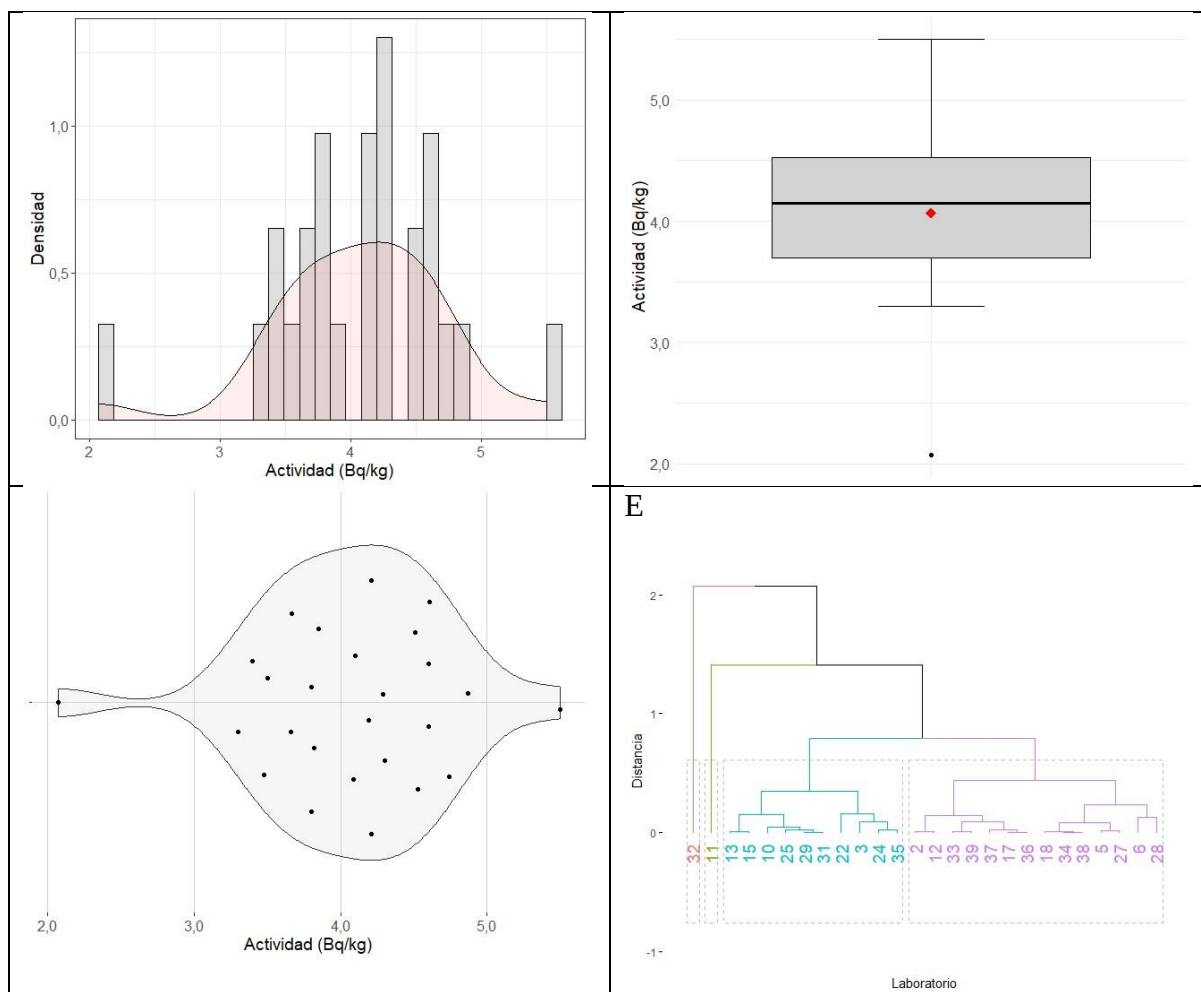


Figura 95. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{110m}Ag en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.19. ^{134}Cs

El 96,9 % de los laboratorios que participaron en la determinación de la concentración de actividad del ^{134}Cs obtuvieron una evaluación satisfactoria, obteniendo sólo un laboratorio una evaluación no satisfactoria (laboratorio 30) (Figura 96). Los resultados satisfactorios descendieron de 100% a 96,9% para el ^{134}Cs para el período de 3 meses. El 40% de los laboratorios realizaron más de una determinación y el tiempo medio de medida de las muestras fue de 252080 s con una alícuota media de 98,4 g. La relación entre la concentración de actividad y el LID fue como mínimo de 3,1 veces. Todos los laboratorios utilizaron la espectrometría gamma como técnica de medida utilizando los detectores que se enumeran en la Figura 97. El 46,9% de los laboratorios realizaron la corrección de las TCS (Figura 98). La mediana obtenida para la concentración de actividad del ^{134}Cs fue inferior a la actividad de referencia ($8,06 \pm 0,63 \text{ Bq kg}^{-1}$) (Tabla 35). El RMSE se volvió a utilizar para evaluar la influencia de la corrección de las TCS del ^{134}Cs , como en el caso del ^{110m}Ag , al no existir valores atípicos según se observa en el gráfico de

caja y bigotes (Figura 99). El RMSE con correcciones de TCS fue de 0,84 mientras que los resultados sin realizar la TCS fue de 1,32 que muestra como las concentraciones de actividad obtenidas al aplicar la corrección de las TCS fueron más próximos al valor de la mediana con la que se realizó la evaluación. Esta observación no se pudo visualizar correctamente con el dendograma por la baja dispersión de los cuartiles del gráfico de caja y bigotes.

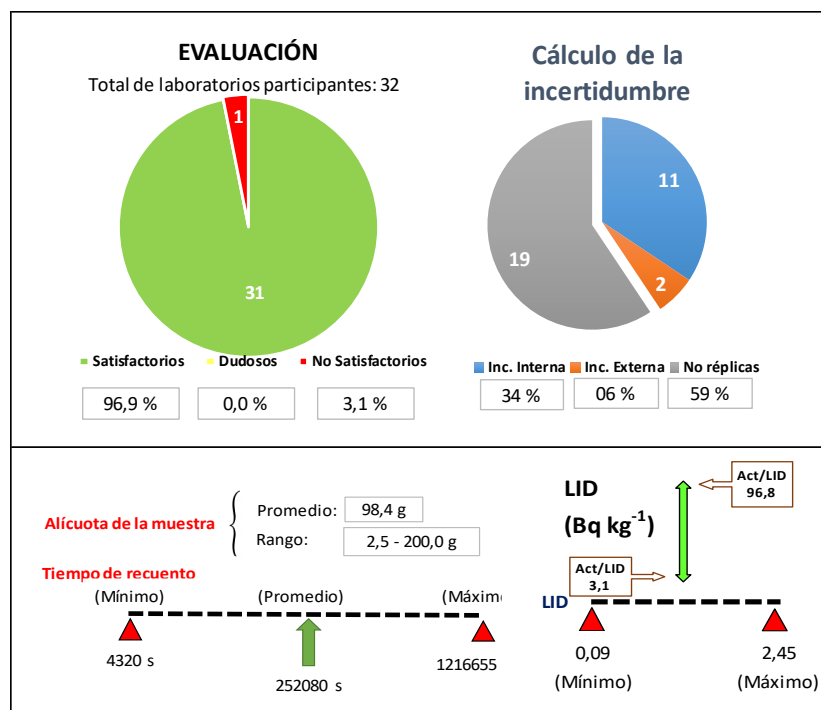


Figura 96. Evaluación de la determinación del ^{134}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

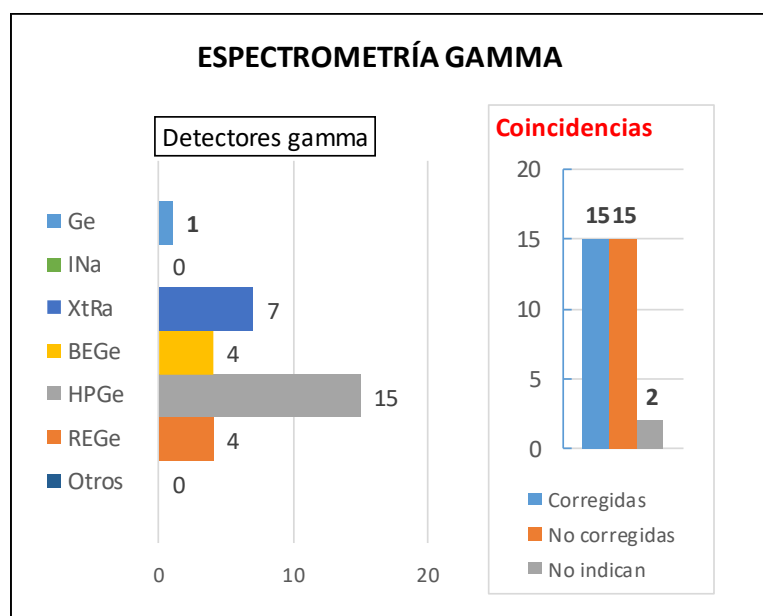


Figura 97. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{134}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) REGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio.

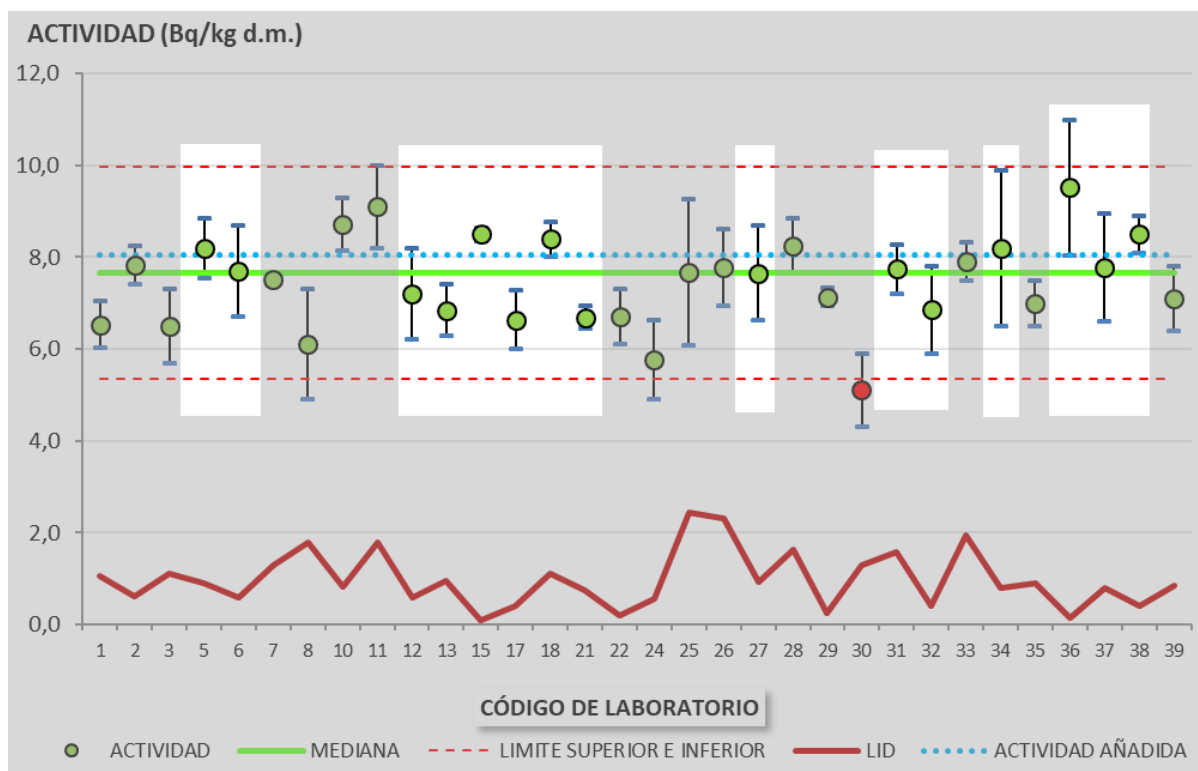


Figura 98. Laboratorios que utilizaron la corrección de suma de coincidencias reales (TCS) para la determinación del ^{134}Cs en el período de 3 meses.

Tabla 35. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{134}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	32	laboratorios
2. Media aritmética	$7,47 \pm 0,97$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	7,66	Bq kg^{-1}
4. Rango	[5,1-9,51]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	12,98	%
6. Skewness	-0,2	-
7. Curtosis	2,92	-

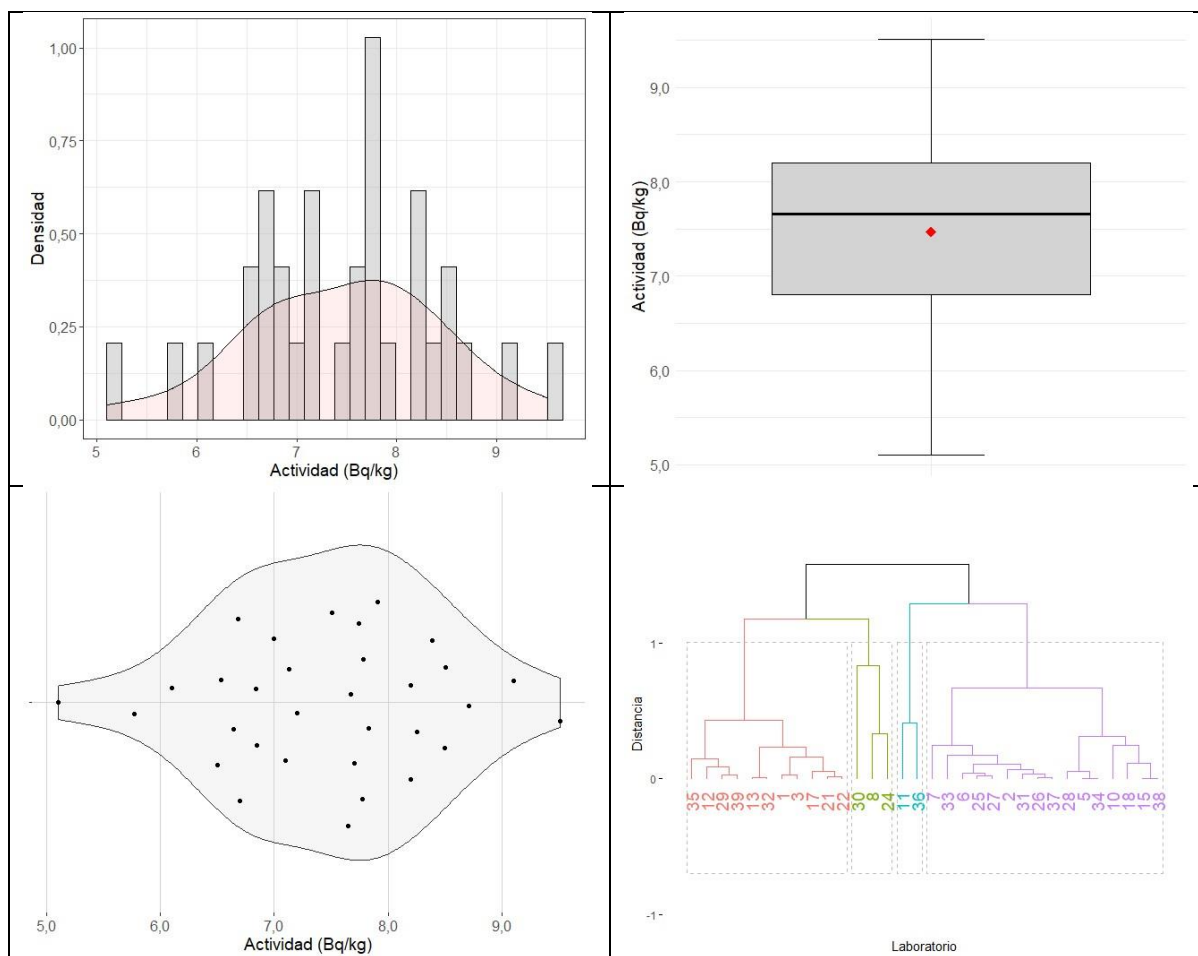


Figura 99. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{134}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.20. ^{137}Cs

El 90,9% de los laboratorios consiguieron una evaluación satisfactoria, obteniendo los laboratorios 1, 11 y 32 una evaluación no satisfactoria (9,1% de los laboratorios) (Figura 100). El porcentaje de evaluaciones satisfactoria descendió respecto del período de 72 horas en el que se obtuvo un porcentaje del 92,6%. El 36% de los laboratorios realizó más de una determinación utilizando una alícuota media de 96,1 g y realizando la medida durante un tiempo medio de 249677 s. La relación entre la concentración de actividad y el límite de detección fue de 2,3 veces lo que aseguró la reproducibilidad de las medidas. El ^{137}Cs fue determinado mediante espectrometría gamma por todos los laboratorios participantes. La actividad de referencia y la mediana tuvieron una diferencia de un 11,7% que no puede ser atribuida a ningún sesgo ya que la distribución fue leptocúrtica según los parámetros y gráficos de la Tabla 36 y Figura 102.

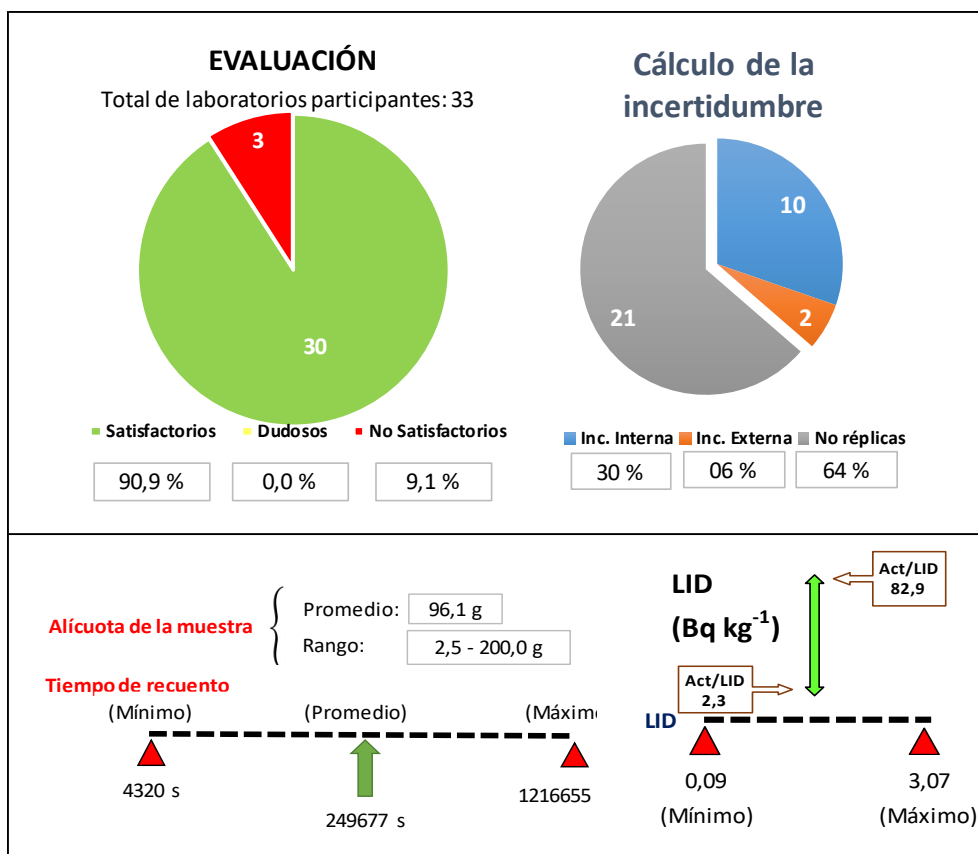


Figura 100. Evaluación de la determinación del ^{137}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

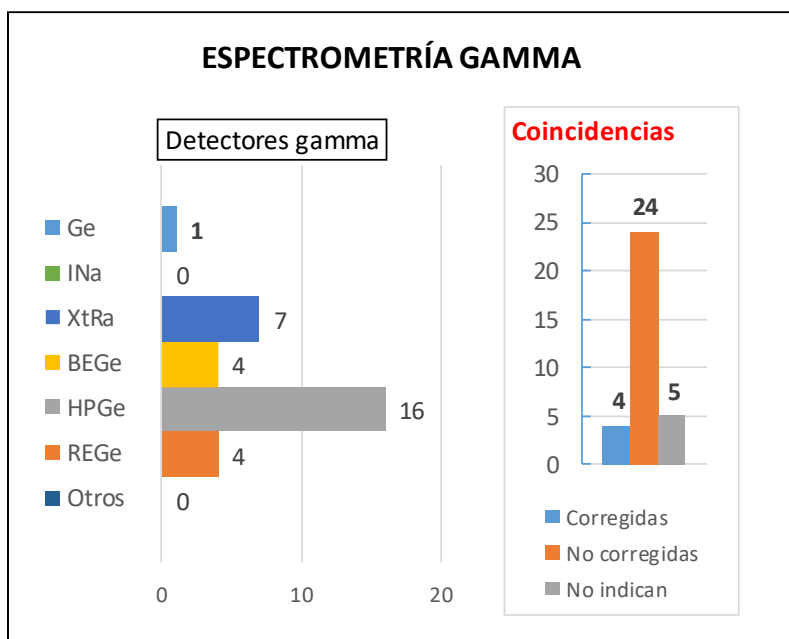


Figura 101. Métodos y detectores utilizados para la determinación del ^{137}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores gamma son las siguientes: i) Ge detector de Ge inespecífico, ii) ReGe detector de germanio de tipo reverse, iii) HPGe detector de germanio ultrapuro, iv) BEGe detector de germanio Broad Energy, v) XtRa detector de germanio de rango extendido vi) INa detector de centelleo de NaI dopado con talio.

Tabla 36. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{137}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	33	laboratorios
2. Media aritmética	$6,50 \pm 0,94$	Bq kg^{-1}
3. Mediana	6,48	Bq kg^{-1}
4. Rango	[3,96-9,25]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	14,47	%
6. Skewness	0,44	-
7. Curtosis	5,16	-

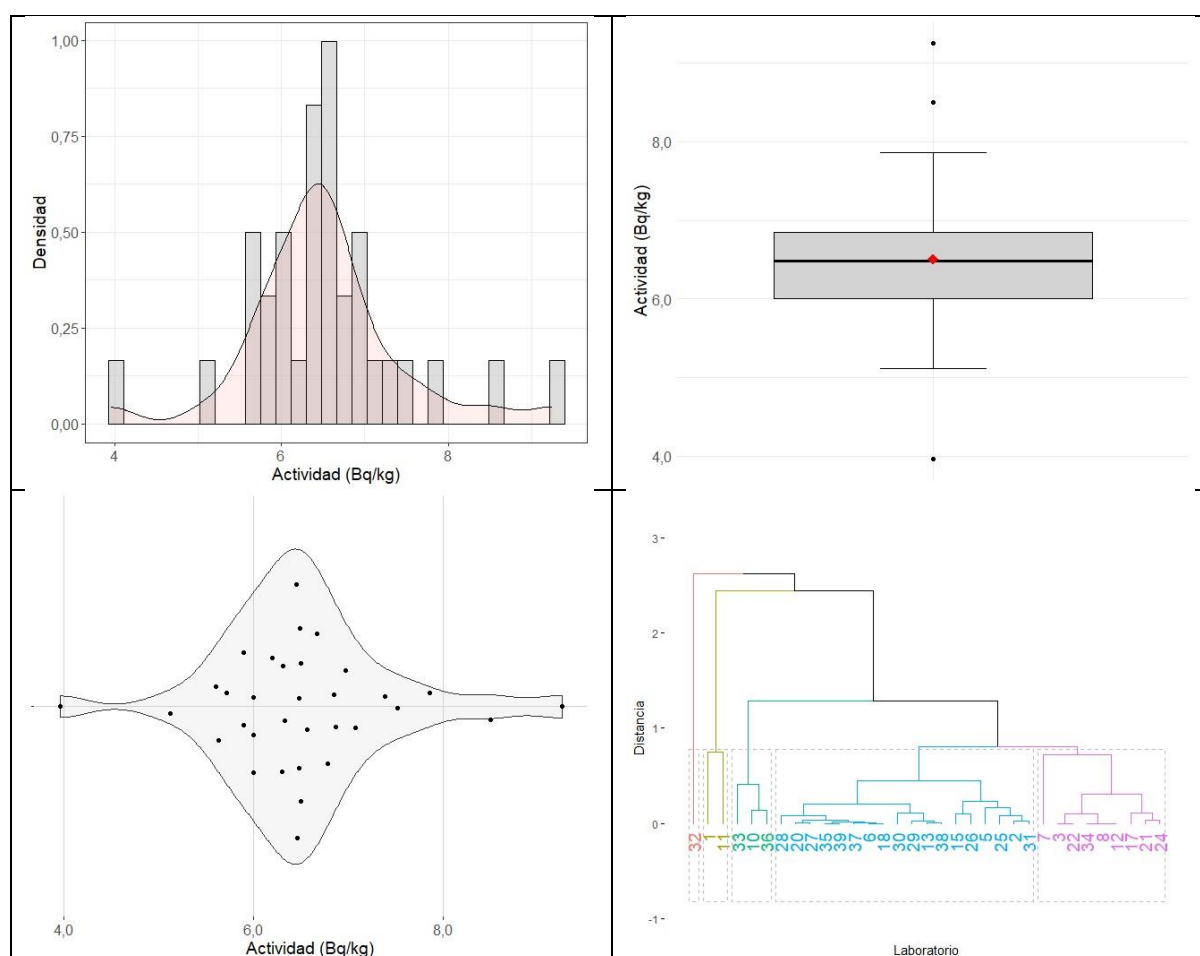


Figura 102. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{137}Cs en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.21. Índice de actividad alfa total

El número de laboratorios que participaron en la determinación del índice de actividad alfa total en la muestra de cenizas de alimentos en el período de 3 meses fue 23. El número de laboratorios con una concentración de actividad superior al LID fue 14. El 26,1% de los laboratorios

obtuvieron una evaluación satisfactoria mientras que el 34,8% obtuvo una evaluación no satisfactoria (Figura 103). El porcentaje de laboratorios con una evaluación satisfactoria fue superior al del período de 72 horas (22,2%). El índice de actividad alfa total se determinó con más de una muestra por el 44% de los laboratorios, siendo la alícuota media de 0,3 g y el tiempo medio de medida de 102650 s. Las muestras fueron medidas mayoritariamente en contador proporcional, utilizando otros 4 laboratorios detectores de centelleo sólido de ZnS(Ag) y 1 laboratorio el centelleo líquido (Figura 104). Los índices de actividad alfa total obtuvieron una excesiva dispersión con un coeficiente de variación de 140% y con un valor de *skewness* que mostró un elevado sesgo positivo debido a los resultados obtenidos por los laboratorios 1 (que fue el más distante) y los laboratorios 6 y 7 como muestra el dendograma y los restantes gráficos estadísticos de la Figura 105.

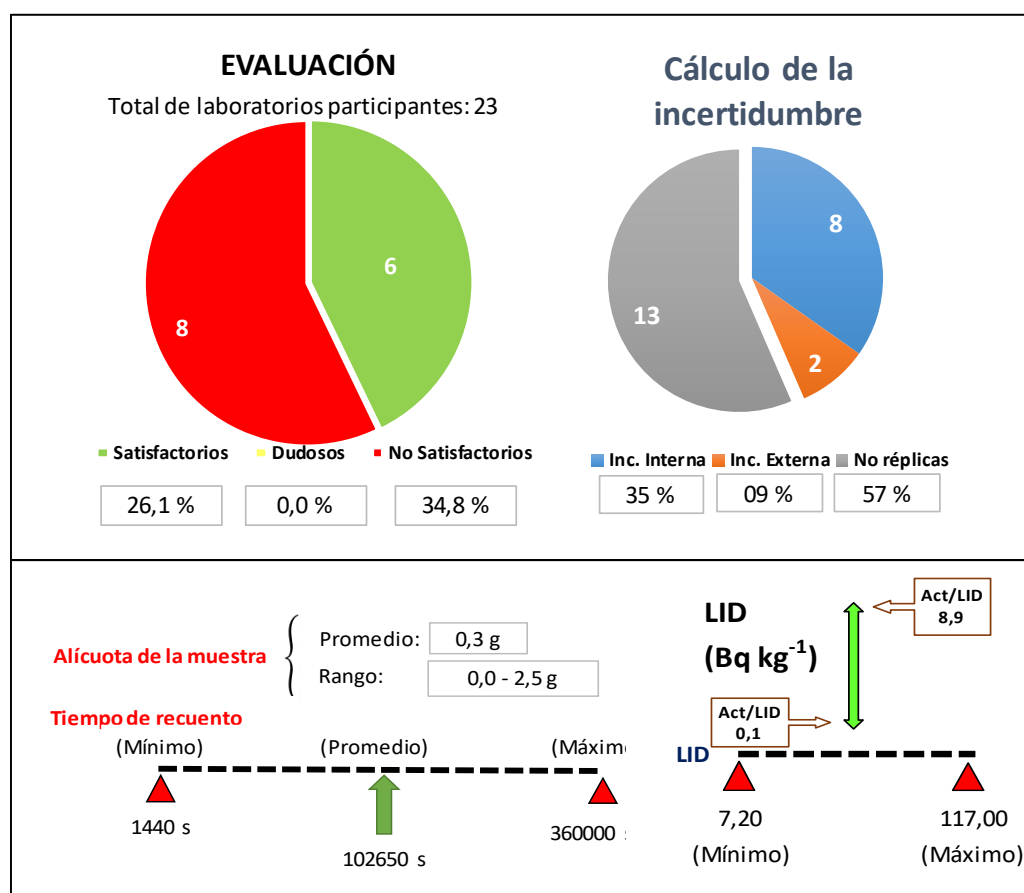


Figura 103. Evaluación de la determinación del índice de actividad alfa total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

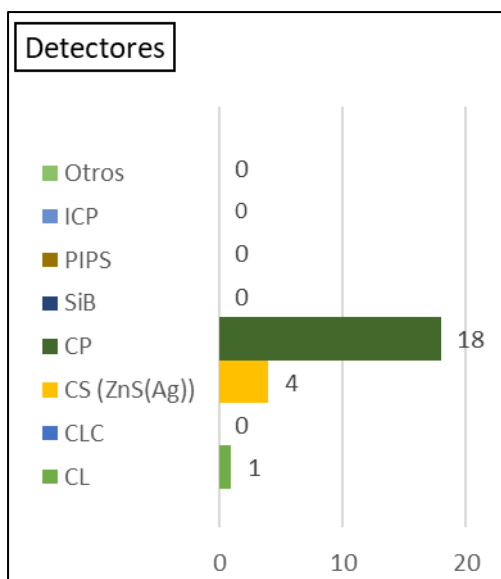


Figura 104. Métodos y detectores utilizados para la determinación del índice de actividad alfa total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido.

Tabla 37. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el índice de actividad alfa total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	14	laboratorios
2. Media aritmética	106 ± 149	Bq kg ⁻¹
3. Mediana	54,65	Bq kg ⁻¹
4. Rango	[14-555,6]	Bq kg ⁻¹
5. Coeficiente de variación	140,18	%
6. Skewness	2,2	-
7. Curtosis	7,02	-

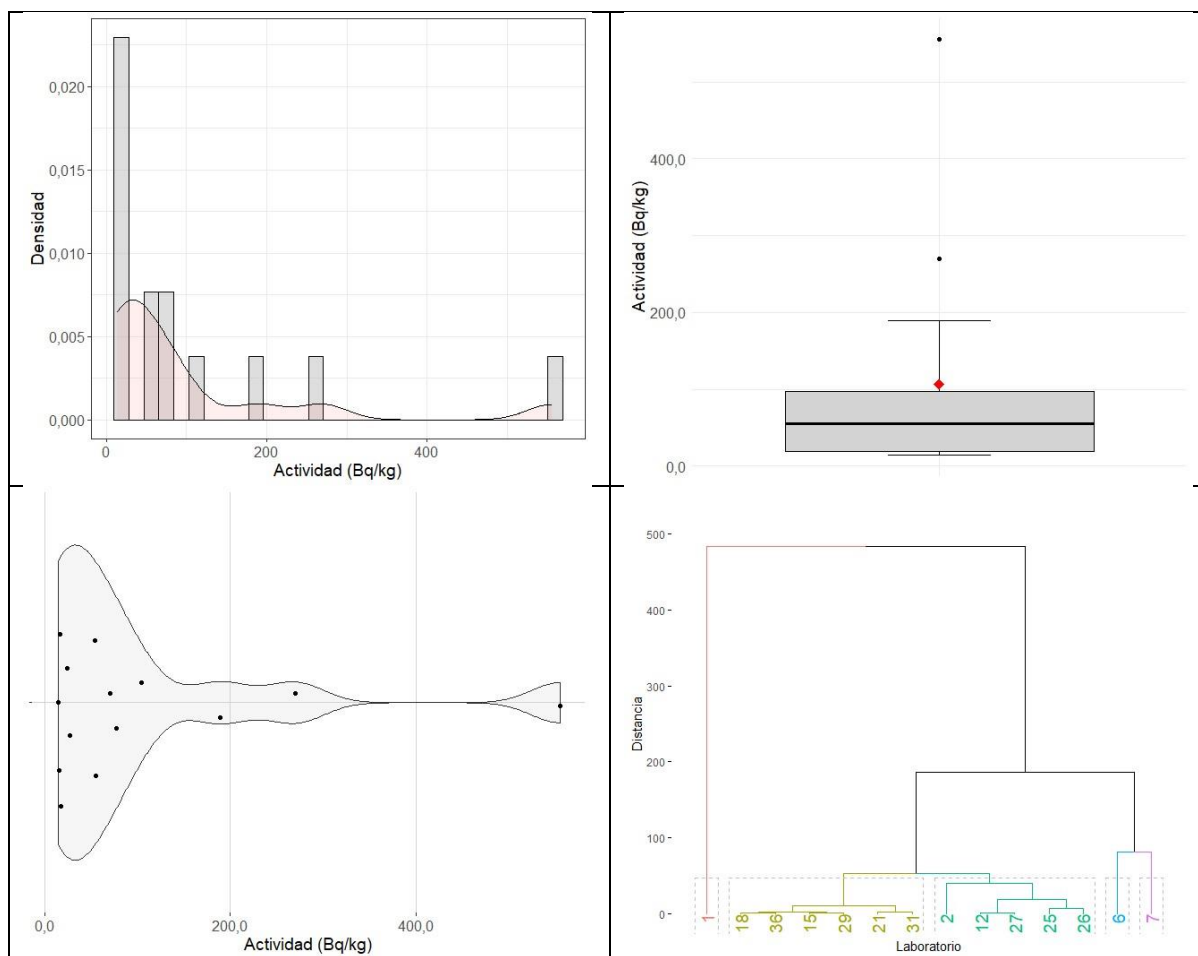


Figura 105. Gráficos estadísticos de los resultados del índice de actividad alfa total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendrograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.22. Índice de actividad beta total

El 92,6% de los resultados obtuvieron una evaluación satisfactoria. Por otra parte, el laboratorio 18 obtuvo una evaluación dudosa y el laboratorio 33 no satisfactoria (Figura 106). El porcentaje de resultados satisfactorios fue ligeramente inferior al período de 3 meses (94,7%). Las muestras fueron analizadas con más de una determinación por el 48% de los laboratorios. La alícuota media utilizada de 0,3 g y el tiempo de media medio de 94776 s. La relación de la actividad y el LID fue de 6,5 veces que implica una separación importante entre ambos valores. Las muestras fueron medidas en contador proporcional salvo un laboratorio que realizó sus medidas con un detector de centelleo líquido (Figura 107). Los resultados mostraron un acusado sesgo negativo (*skewness* de -3,59) y una elevada asimetría (curtosis de 16,73) (Tabla 38). Los gráficos estadísticos de la Figura 108 muestran la asimetría debida a los resultados de los laboratorios 33 y 20.

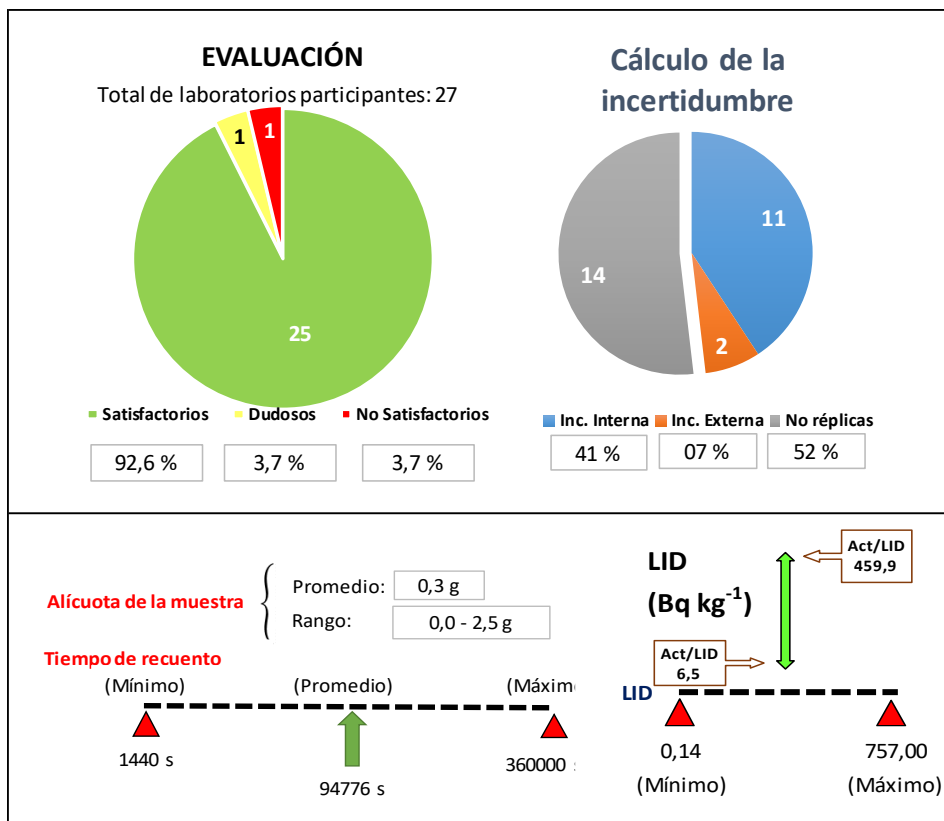


Figura 106. Evaluación de la determinación del índice de actividad beta total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

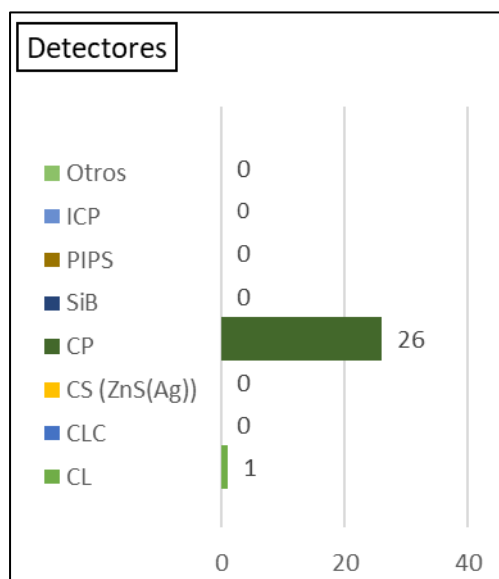


Figura 107. Métodos y detectores utilizados para la determinación del índice de actividad beta total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses. Las siglas de los detectores utilizados para los análisis de radioquímica son: i) PIPS detector semiconductor de silicio implantado, ii) SiB detector alfa de semiconductor de barrera de silicio, iii) CP contador proporcional de flujo continuo de gas, iv) CS(ZnS(Ag)) es contador de centelleo sólido de sulfuro de zinc, v) CLS es contador de centelleo líquido utilizando la medida por Cerenkov y vi) CL es contador de centelleo líquido.

Tabla 38. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el índice de actividad beta total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	27	laboratorios
2. Media aritmética	4510 ± 998	Bq kg ⁻¹
3. Mediana	4700	Bq kg ⁻¹
4. Rango	[4,98-5299]	Bq kg ⁻¹
5. Coeficiente de variación	0,2213	%
6. Skewness	-3,59	-
7. Curtosis	16,73	-

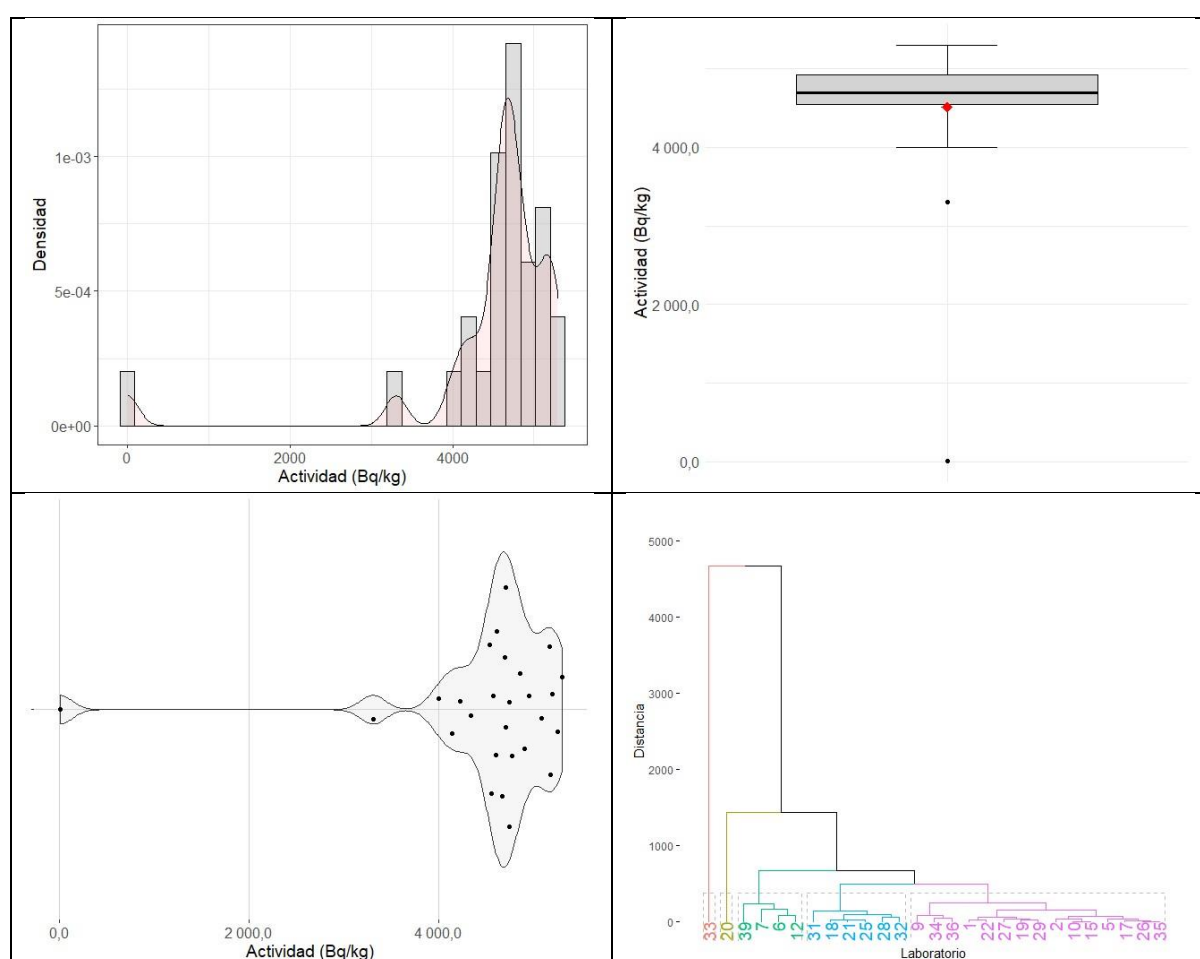


Figura 108. Gráficos estadísticos de los resultados del índice de actividad beta total en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendrograma con las agrupaciones por laboratorio.

14.23. Resultados no solicitados y falsos positivos

La Tabla 39 muestra los falsos positivos (no hubo envío de resultados no solicitados en este caso) para la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 3 meses.

Tabla 39. Falsos positivos reportados por los laboratorios en la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 3 meses.

MATRIZ: Cenizas de alimentos					
CÓDIGO Laboratorio	Isótopo informado	RESULTADOS			
		Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	TIPO
7	Co-57	1,05E+01	2,10E-01	2,23E+00	Falso positivo
13	Co-57	4,72E-01	2,20E-01	3,50E-01	Falso positivo
29	Co-57	4,00E-01	2,00E-01	1,60E-01	Falso positivo
29	Cd-109	5,10E+00	2,00E+00	2,44E+00	Falso positivo

15. RESULTADOS INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 3 MESES DE LA MUESTRA DE ESPINACAS DESHIDRATADAS

15.1. ¹⁴C

Los resultados de la concentración de actividad del ¹⁴C no pudieron ser evaluados al participar únicamente 4 laboratorios y no haber añadido actividad de este radionucleido. Los laboratorios utilizaron el centelleo líquido para realizar sus medidas. Los datos de la preparación y la medida, los parámetros estadísticos y gráficos se presentan en las Figura 109, Tabla 40 y Figura 110.

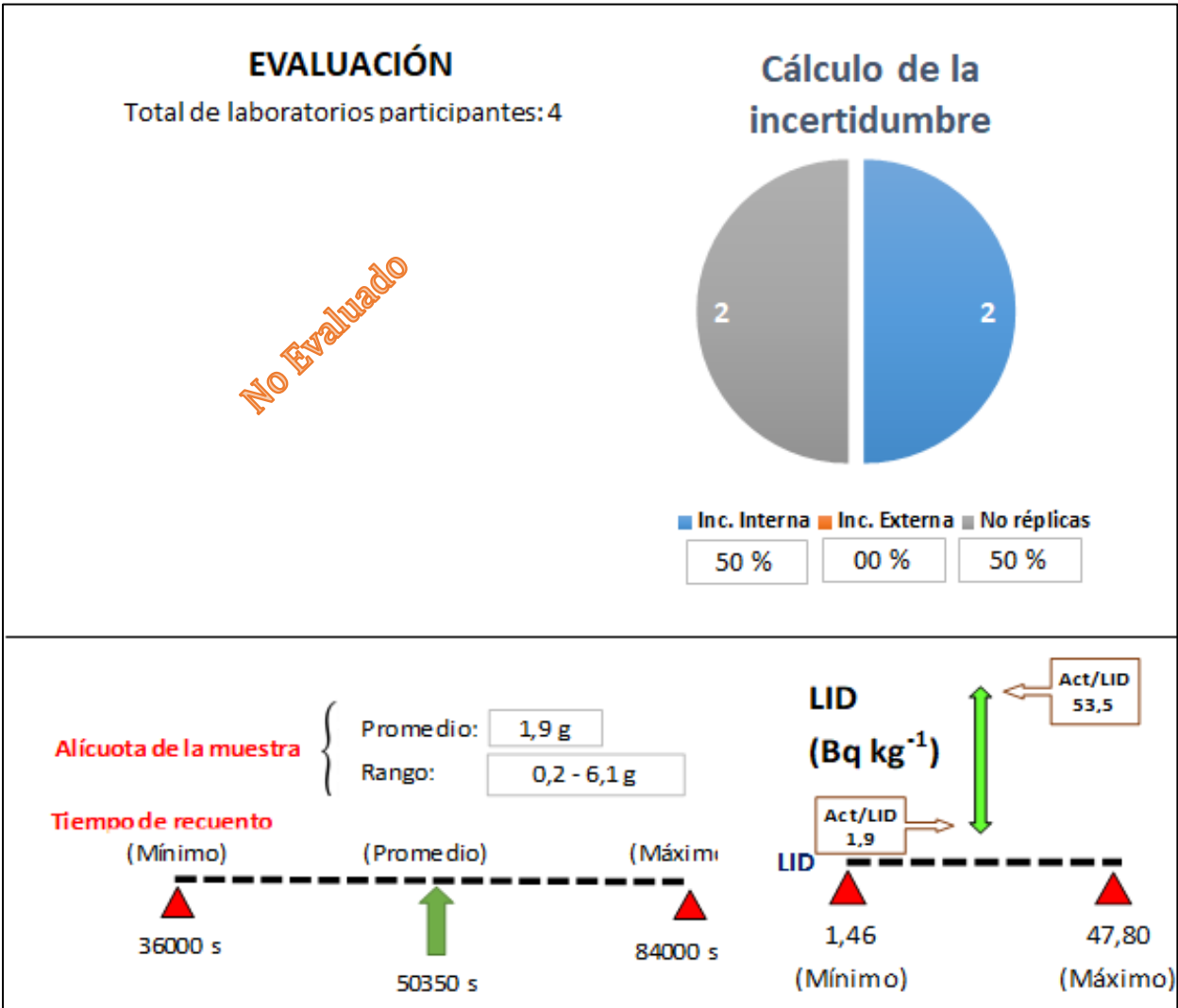


Figura 109. Evaluación de la determinación del ¹⁴C en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Tabla 40. Resumen de los principales parámetros estadísticos para el ^{14}C en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses.

Parámetro	Valor	Unidad
1. Número de laboratorios	4	laboratorios
2. Media aritmética	632 ± 1125	Bq kg^{-1}
3. Mediana	72,88	Bq kg^{-1}
4. Rango	[62,83-2320]	Bq kg^{-1}
5. Coeficiente de variación	178	%
6. Skewness	1,15	-
7. Curtosis	2,33	-

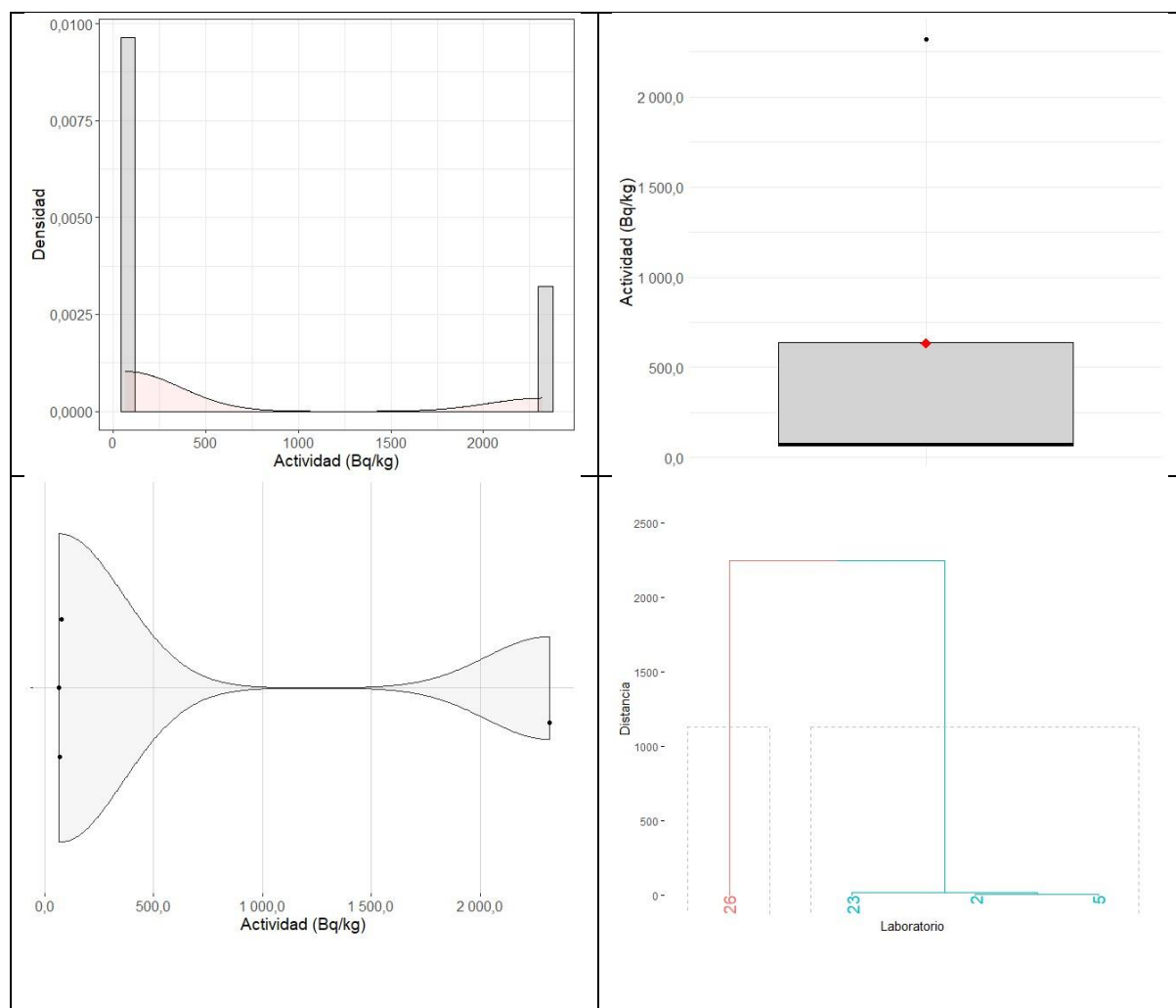


Figura 110. Gráficos estadísticos de los resultados del ^{14}C en la muestra de cenizas de alimentos para el plazo de 3 meses: 1) Histograma y gráfico de densidad, 2) Gráfico de caja y bigotes (el punto rojo corresponde a la media y la línea a la mediana), 3) gráfico de violín y 4) Dendograma con las agrupaciones por laboratorio.

16. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los diferentes análisis realizados en este ejercicio intercomparativo han vuelto a demostrar la gran calidad de los laboratorios participantes. El número de laboratorios invitados fue 40, sin embargo, la participación no fue del 100% ni en el plazo de 72 horas ni en el de 3 meses. Los porcentajes de participación fueron del 70,0% en el plazo de 72 horas y del 92,5% en el plazo de 3 meses.

El número de laboratorios que cumplieron con el plazo de entrega de resultados a las 72 horas de haberlos recibido fue de 6 sin contar fines de semana y 8 considerando los fines de semana. La evaluación del cumplimiento se ha realizado de forma estricta por lo que algunos laboratorios, aún por poco tiempo, no lo cumplieron, y por tanto no se computaron como haberlo cumplido.

Los laboratorios 5, 15, 31 y 35 informaron de todos análisis solicitados en el plazo de 72 horas. Sin embargo, ningún análisis fue realizado por la totalidad de los laboratorios. El ^{54}Mn , ^{60}Co y ^{134}Cs fue analizado por 26 de los 28 laboratorios participantes.

El laboratorio 5 fue el único laboratorio que realizó el 100% de los análisis en el plazo de 3 meses. Ningún análisis fue completado por todos los laboratorios participantes. El ^{60}Co y ^{137}Cs fueron analizados por 33 de los 37 laboratorios participantes.

Los resultados menos satisfactorios se obtuvieron para el $^{89+90}\text{Sr}$ e índice de actividad alfa total en el plazo de 72 horas, y para el ^{55}Fe , ^{63}Ni e índice de actividad alfa total en el caso del intervalo de 3 meses.

Los resultados del ^{230}Th y $^{243+244}\text{Cm}$ no fueron evaluados en la muestra de cenizas de alimentos en el plazo de 3 meses por ser menos de 10 laboratorios los que participaron y no haberse añadido (^{230}Th) o no disponer del valor de la actividad añadida ($^{243+244}\text{Cm}$). Asimismo, el ^{14}C tampoco pudo ser evaluado en la muestra de espinacas deshidratadas. El laboratorio 7 reportó resultados por debajo del LID en la determinación de la concentración de actividad del uranio isotópico. Por otra parte, los laboratorios 8 y 30 informaron resultados de la concentración de uranio natural por debajo del LID.

Los análisis con menor participación fueron el $^{89+90}\text{Sr}$ en el plazo de 72 horas y el ^{55}Fe , ^{63}Ni y $^{243+244}\text{Cm}$ en el plazo de 3 meses. El $^{89+90}\text{Sr}$, ^{55}Fe y ^{63}Ni pudieron ser evaluados al disponer de valor de actividad añadida, sin embargo, el $^{243+244}\text{Cm}$ no se evaluó, como quedó reflejado en los informes parciales del ejercicio intercomparativo que fueron enviados a los participantes.

La Tabla 41 muestra el sesgo relativo entre la mediana utilizada para evaluar los resultados de los laboratorios y la actividad añadida. El rango de sesgos relativos osciló entre -10,75% y 11,72% y un valor promedio de -0,23% por lo que se puede comprobar la reproducibilidad del tipo de evaluación realizado.

La Tabla 42 muestra la diferencia porcentual entre las evaluaciones satisfactorias en el período de 72 horas y 3 meses. La gráfica a la derecha de la tabla muestra cómo en la mayoría de los casos, aunque en un porcentaje bajo, los resultados fueron menos satisfactorios en el período de 3 meses. El índice de actividad alfa total fue el análisis que más mejoró en el período de 3 meses.

Tabla 41. Sesgo relativo en tanto por ciento entre la mediana y la actividad añadido en aquellas determinaciones en las que se fortifica la muestra.

Radionucleido	Actividad añadida (Bq/kg) (k=2)	Mediana y MADe (Bq/kg)	Sesgo relativo (%)
⁸⁹ Sr	14,7 ± 1,2	15,3 ± 6,8	4,08
⁹⁰ Sr	8,90 ± 0,70	9,10 ± 3,11	2,25
²³⁸ Pu	0,434 ± 0,034	0,427 ± 0,093	-1,61
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	0,433 ± 0,034	0,42 ± 0,12	-3,00
²⁴¹ Am	0,496 ± 0,039	0,503 ± 0,062	1,41
⁵⁴ Mn	8,41 ± 0,66	8,63 ± 0,96	2,62
⁶⁰ Co	7,07 ± 0,55	7,23 ± 0,80	2,26
⁶⁵ Zn	8,64 ± 0,68	8,0 ± 1,2	-7,06
^{110m} Ag	4,65 ± 0,36	4,15 ± 0,62	-10,75
¹³⁴ Cs	8,06 ± 0,63	7,7 ± 1,0	-4,47
¹³⁷ Cs	5,80 ± 0,45	6,48 ± 0,71	11,72

Tabla 42. Diferencia porcentual entre el porcentaje de resultados satisfactorios en los períodos de 72 horas y 3 meses.

Determinación	72 horas	3 meses	Diferencia (%)
⁵⁴ Mn	88,9	100	12,49
⁶⁰ Co	96,3	100	3,84
⁶⁵ Zn	95,8	89,3	-6,78
^{110m} Ag	95,2	92,3	-3,05
¹³⁴ Cs	100	96,9	-3,10
¹³⁷ Cs	92,6	90,9	-1,84
α	22,2	26,1	17,57
β	94,7	92,6	-2,22

Finalmente, el anexo VIII se han utilizado los gráficos PomPlots para representar los resultados obtenidos por los diferentes laboratorios. Estos gráficos serán adaptados a los criterios de evaluación del ejercicio intercomparativo para evaluar también los resultados de los diferentes análisis.

ANEXO I. TABLAS DE VALORES INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 72 h (CENIZAS DE ALIMENTOS)

MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES: 5		$\sigma_p=20\%$					ACTIVIDAD AÑADIDA $\pm U$ (k=2) (Bq/kg d.m.)				23,6 $\pm$ 1,4		MEDIANA $\pm$ MADE (Bq/kg d.m.):				14,4 $\pm$ 5,2	
Determinación: ⁸⁹⁺⁹⁰ Sr											% Incertidumbre:				5,9%		%MADE/MEDIANA:				36,1%	
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA				OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación			
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Tipo ataque	Ácidos	Método empleado	Tipo de columna								
5	2.13E+01	1.75E+00	4.93E+00	3	I	SR	14.00	CL	Propio	27000	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	Intercambio iónico	50WX8		-0.5	-9.9	5.1	S			
15	1.88E+01	2.00E+00	5.00E+00	3	I	SR	5.01	CL	Propio	24641	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	coprecipitación			-1.0	-20.3	6.1	D			
21	1.09E+01	6.17E-01	6.70E-01	1		SR	7.71	CP	UMS + Propio	72000	DT (Digestión Total)	HNO3	SR			-2.7	-53.9	4.1	N/S			
31	1.28E+01	3.71E+00	1.48E+00	1	I	SR	5.20	CL	propio	10800	MO (Microondas)	HNO3+HCL+HF+H2O2	EC	SR-RESIN	ACTIVIDAD CALCULADA A FECHA DE MEDIDA	-2.3	-46.0	14.8	N/S			
35	1.44E+01	7.00E-01	8.00E-01	1		SR	15.00	CP	HT1000	1000	MO (Microondas)	HNO3/HCl (1:1)	intercambio iónico	Dowex		-1.9	-39.0	3.8	D			

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ⁵⁴ Mn				NUMERO DE PARTICIPANTES: 27		ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.) % Incertidumbre:				8,41 ± 0,66 7,8%	σ _p =15%		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): %MADE/MEDIANA:				8,40 ± 0,82 9,7%	
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						ESPECTROMETRÍA GAMMA			OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación	
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Energía (keV)	Eficiencia pico (%)						Suma en coincidencia
1	7,70E+00	7,60E-01	2,36E+00	1		EG	60,36	HpGe	GENIE 2000	172800	834.83	1.53	NO	la relación (peso seco)/(peso húmedo)=0.999 y por tanto las concentraciones de actividad en Bq/(kg de peso seco) no cambian teniendo en cuenta la incertidumbre con la que se deben expresar.	-0,6	-8,3	10,9	S
2	1,23E+01	1,48E+00	1,58E+00	1		EG	200,00	Ge	Genie2000	57000	834,83	0,0106	NO		3,1	46,2	11,4	N/S
3	8,10E+00	1,10E+00	1,40E+00	1		EG	55,20	XiRa	GENIE2000	197477	834.85	2.21E-002	NO		-0,2	-3,6	11,8	S
5	8,27E+00	9,72E-01	7,94E-01	1		EG	136,00	XiRa	GammaVision	86400	834.81	0.03494	SI (en la calibración)		-0,1	-1,6	11,4	S
6	8,44E+00	6,60E-01	1,95E+00	4	I	EG	35,00	Ge	Genie 2000	80000	834		SI (en ambas)	0,0	0,5	10,5	S	
8	9,50E+00	1,40E+00	1,80E+00			EG	25,44	XiRa	Genie 2000	113197	834.8	0.0264	NO	0,9	13,1	12,2	S	
11	1,12E+01	1,80E+00	2,70E+00	1		EG	198,00	ReGe	Genie		834,8	0,44	NO	2,2	33,3	12,6	N/S	
12	7,50E+00	8,00E-01	5,00E-01	1		EG	93,80	XiRa	Genie2k+propio	172743	834	1.16	NO	-0,7	-10,7	11,1	S	
15	8,67E+00	1,01E-01		1		EG	131,17	BEGe	Propio	64311	834,8380(50)	0,02384(14)	NO	En la calibración de eficiencia no procedecorregir por suma en coincidencia puesto que se realiza por simulación Monte Carlo	0,2	3,2	9,7	S
17	7,85E+00	6,12E-01	3,86E-01	1		EG	193,80	HpGe	Genie+Propio	215000	834,8	2,7	SI (en la medida)	-0,4	-6,5	10,5	S	
18	8,87E+00	3,80E+00	1,90E+00	1		EG	100,00	HpGe	Genie 2000	72000	834,8		NO	0,4	5,6	23,5	S	
20	8,74E+00	7,40E-01	2,41E+00	1		EG	24,00	HpGe	SPAT	172800	1460,8			0,3	4,0	10,6	S	
21	7,46E+00	1,04E+00	1,48E+00	1		EG	128,94	XiRa	Genie 2000	72000	834,84	0,0148	NO	-0,7	-11,2	11,9	S	
22	9,40E+00	1,00E+00	1,20E+00	1		EG	65,30	HpGe	Genie2000	72619	834,8	0,0137	NO	0,8	11,9	11,1	S	
24	7,26E+00	8,10E-01	1,22E+00	1	I	EG	63,23	XiRa	GENIE2K	172056	834,83	10,67		-0,9	-13,6	11,2	S	
25	9,61E+00	9,00E-01	1,34E+00	1	I	EG	65,50	HpGe	Genie	259200	834,85	0,0268	NO	1,0	14,4	10,8	S	
27	8,98E+00	1,27E+00	9,49E-01	1	S	EG	100,00	BEGe	Genie2K	200000	834.84	0,0191	NO	0,5	6,9	12,0	S	
28	7,89E+00	1,44E+00	2,12E+00	1	I	EG	110,30	HpGe	Genie+propio	101564	834,83	1,35	NO	-0,4	-6,1	13,3	S	
29	8,50E+00	8,00E-01	5,00E-01	1		EG	90,00	HpGe	Propio	172800	834,8	1,4	NO	0,1	1,2	10,8	S	
31	8,10E+00	6,70E-01	1,28E+00	1	I	EG	140,00	BEGe	GV 8.1	90000	834,85	2,13E-02	NO	-0,2	-3,6	10,6	S	
32	8,39E+00	1,27E+00	1,17E+00	1		EG	120,39	BEGe	Genie	145000	835,53	2.062E-02	NO	0,0	-0,1	12,3	S	
34	7,80E+00	1,70E+00	1,10E+00	1		EG	45,00	HpGe	Genie-propio	86400	835			-0,5	-7,1	14,6	S	
35	8,40E+00	1,10E+00	1,60E+00	1		EG	73,00	ReGe	Genie2K	80400	834,83	1,8	NO	0,0	0,0	11,7	S	
36	1,13E+01	2,10E+00	7,10E-01	1		EG	81,78	HpGe	GammaVision	85000	834,85	0,02671	NO	2,3	34,4	13,4	N/S	
37	8,13E+00	1,23E+00	1,61E+00	1	I	EG	196,80	HpGe	Genie 2k	54000	834,8	1,21E-2	NO	-0,2	-3,2	12,3	S	
38	8,70E+00	9,00E-01	1,40E+00	1		EG	115,00	BEGe	Genie 2k	85000	834,85	0,0164		0,2	3,6	11,0	S	
39	7,70E+00	1,00E+00	1,07E+00	1		EG	175,60	HpGe	Gammavision+P ropio	167413	834,848	0,011	NO	-0,6	-8,3	11,7	S	

EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN 2023 ENTRE LABORATORIOS DE MEDIDA DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL (Muestras de cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ⁶⁰ Co				NUMERO DE PARTICIPANTES: 27		ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.) % Incertidumbre:				7,07 ± 0,55 7,8%	σ _p =15%		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): %MADE/MEDIANA:				7,20 ± 0,89 12,4%	
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						ESPECTROMETRÍA GAMMA			OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación	
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Energía (keV)	Eficiencia pico (%)						Suma en coincidencia
1	8,04E+00	9,90E-01	2,99E+00	1		EG	60,36	HpGe	GENIE 2000	172800	1332,49	1,00	NO	la relación (peso seco)/(peso húmedo)=0.999 y por tanto las concentraciones de actividad en Bq/(kg de peso seco) no cambian teniendo en cuenta la incertidumbre con la que se deben expresar.	0,8	11,7	13,8	S
2	7,93E+00	9,03E-01	1,47E+00	1		EG	200,00	Ge	Genie2000	57000	1173/1334	0,00808	NO		0,7	10,1	13,6	S
3	6,20E+00	8,00E-01	1,50E+00	1		EG	55,20	XiRa	GENIE2000	197477	1332,49	1,51E-002	NO		-0,9	-13,9	13,9	S
5	7,94E+00	1,17E+00	1,24E+00	1		EG	136,00	XiRa	GammaVision	86400	1332,5	0,02427	SI (en ambas)		0,7	10,2	14,4	S
6	6,78E+00	5,30E-01	2,09E+00	4	I	EG	35,00	Ge	Genie 2000	80000	1173,1332		SI (en ambas)	-0,4	-5,8	13,0	S	
8	6,10E+00	1,40E+00	2,00E+00			EG	25,44	XiRa	Genie 2000	113197	1332,5	0,0175	NO	-1,0	-15,3	16,9	S	
11	9,80E+00	2,10E+00	3,20E+00	1		EG	198,00	ReGe	Genie		1173,2	0,31	NO	2,4	36,1	16,4	N/S	
12	6,60E+00	8,00E-01	1,00E+00	1		EG	93,80	XiRa	Genie2k+propio	172743	1172	0,86	NO	-0,6	-8,3	13,8	S	
15	7,40E+00	4,80E-01	4,37E-01	1	I	EG	131,17	BEGe	Propio	64311	1173,2300(30) // 1332,4900(40)	0,01807(15) // 0,01620(13)	SI (en la medida)	En la calibración de eficiencia no procedecorregir por suma en coincidencia puesto que se realiza por simulación Monte Carlo	0,2	2,8	12,8	S
17	7,23E+00	6,23E-01	3,43E-01	1		EG	193,80	HpGe	Genie+Propio	215000	1332,5	1,8	NO	0,0	0,4	13,1	S	
18	6,94E+00	1,13E+00	2,70E+00	1		EG	100,00	HpGe	Genie 2000	72000	1173,2/1332,5		NO	-0,2	-3,6	14,8	S	
20	7,84E+00	9,20E-01	2,69E+00	1		EG	24,00	HpGe	SPAT	172800	1332,5			0,6	8,9	13,7	S	
21	6,75E+00	9,80E-01	1,79E+00	1		EG	128,94	XiRa	Genie 2000	72000	1173,23 y 1332,49	0,0104 y 0,00932	SI (en ambas)	-0,4	-6,2	14,3	S	
22	5,80E+00	7,00E-01	1,30E+00	1		EG	65,30	HpGe	Genie2000	72619	1173,2	0,0102	NO	-1,3	-19,4	13,8	S	
24	5,96E+00	6,60E-01	1,30E+00	1	I	EG	63,23	XiRa	GENIE2K	172056	1173,2 y 1332,5	100 y 100		-1,1	-17,2	13,5	S	
25	7,29E+00	9,00E-01	1,30E+00	1	I	EG	65,50	HpGe	Genie	259200	1332,49	0,0184	NO	0,1	1,3	13,8	S	
27	6,16E+00	6,63E-01	8,64E-01	1	S	EG	100,00	BEGe	Genie2K	200000	1173,23 / 1332,49	0,0142 / 0,0127	SI (en la calibración)	-1,0	-14,4	13,5	S	
28	7,59E+00	1,33E+00	3,02E+00	1	I	EG	110,30	HpGe	Genie+propio	101564	1173,24+1332,5 0	2,1+1,9	NO	0,4	5,4	15,1	S	
29	7,30E+00	7,00E-01	8,00E-01	1		EG	90,00	HpGe	Propio	172800	1173,2	1,1	NO	0,1	1,4	13,3	S	
31	7,23E+00	6,90E-01	1,71E+00	1	I	EG	140,00	BEGe	GV 8.1	90000	1173,23	1,53E-02	NO	0,0	0,4	13,2	S	
32	6,47E+00	6,27E-01	8,24E-01	1		EG	120,39	BEGe	Genie	145000	1174,43	1,540E-02	NO	-0,7	-10,1	13,3	S	
34	7,20E+00	2,90E+00	1,30E+00	1		EG	45,00	HpGe	Genie-propio	86400	1173/1333			0,0	0,0	23,6	S	
35	6,80E+00	9,00E-01	1,50E+00	1		EG	73,00	ReGe	Genie2K	80400	1173,22/1332,4 g	1,3/1,1	NO	-0,4	-5,6	14,0	S	
36	8,86E+00	1,60E+00	1,06E+00	1		EG	81,78	HpGe	GammaVision	85000	1173,23;1332,4 g	0,02027;0,01 820	NO	1,5	23,1	15,3	S	
37	6,22E+00	1,34E+00	1,73E+00	1	I	EG	196,80	HpGe	Genie 2k	54000	1173,23/1332,5	9,55E- 3/8,72E-3	SI (en ambas)	-0,9	-13,6	16,4	S	
38	7,10E+00	9,00E-01	1,70E+00	1		EG	115,00	BEGe	Genie 2k	85000	1173,23	0,0115		-0,1	-1,4	13,9	S	
39	7,80E+00	1,30E+00	1,24E+00	1		EG	175,60	HpGe	Gammavision+P ropio	167413	1332,492	0,007	NO	0,6	8,3	14,9	S	

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ⁶⁵ Zn				NUMERO DE PARTICIPANTES: 24			ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.) % Incertidumbre:			8,64 ± 0,68 7,9%	σ _p =15%		MEDIANA ± MADe (Bq/kg d.m.): %MADe/MEDIANA:				8,7 ± 1,3 15,5%	
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						ESPECTROMETRÍA GAMMA			OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación	
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Energía (keV)	Eficiencia pico (%)						Suma en coincidencia
2	1,09E+01	6,03E+00	4,86E+00			EG	200,00	Ge	Genie2000	57000	1115,52	0,00894	NO	la relación (peso seco)/(peso húmedo)=0.999 y por tanto las concentraciones de actividad en Bq/(kg de peso seco) no cambian teniendo en cuenta la incertidumbre con la que se deben expresar.	1,7	25,6	31,7	S
3	7,50E+00	1,20E+00	2,80E+00	1		EG	55,20	XiRa	GENIE2000	197477	1115.54	1.76E-002	NO		-0,9	-13,7	17,5	S
5	9,30E+00	1,43E+00	2,15E+00	1		EG	136,00	XiRa	GammaVision	86400	1115.54	0.02804	SI (en la calibración)		0,5	7,0	17,3	S
6	9,90E+00	1,50E+00	3,87E+00	3	S	EG	35,00	Ge	Genie 2000	80000	1115		SI (en ambas)		0,9	13,9	17,3	S
8	7,00E+00	3,00E+00	3,90E+00			EG	25,44	XiRa	Genie 2000	113197	1115.6	0.0205	NO		-1,3	-19,5	26,5	S
12	8,20E+00	7,00E-01	1,30E+00	1		EG	93,80	XiRa	Genie2k+propio	172743	1115	0.90	NO	En la calibración de eficiencia no procedecorregir por suma en coincidencia puesto que se realiza por simulación Monte Carlo	-0,4	-5,7	16,1	S
15	8,11E+00	1,34E+00		1		EG	131,17	BEGe	Propio	64311	1115,5400(20)	0,01884(15)	NO		-0,4	-6,7	17,6	S
18	8,58E+00	2,22E+00	4,70E+00	1		EG	100,00	HpGe	Genie 2000	72000	1115,5		NO		-0,1	-1,3	20,2	S
20	5,40E+00	7,30E-01	3,64E+00	1		EG	24,00	HpGe	SPAT	172800	1115,5				-2,5	-37,9	16,9	N/S
21	8,81E+00	3,34E+00	5,39E+00	1		EG	128,94	XiRa	Genie 2000	72000	1115,54	0,0117	NO		0,1	1,3	24,5	S
22	9,40E+00	1,20E+00	2,50E+00	1		EG	65,30	HpGe	Genie2000	72619	1115,5	0,0106	NO	0,5	8,1	16,8	S	
24	9,47E+00	1,03E+00	2,12E+00	1	I	EG	63,23	XiRa	GENIE2K	172056	1115,5	50,75		0,6	8,9	16,4	S	
25	8,50E+00	1,30E+00	2,87E+00	1	I	EG	65,50	HpGe	Genie	259200	1115,54	0,00899	NO	-0,1	-2,2	17,3	S	
27	7,55E+00	1,16E+00	2,07E+00	1	S	EG	100,00	BEGe	Genie2K	200000	1115,54	0,0148	NO	-0,9	-13,2	17,3	S	
28	9,62E+00	2,02E+00	5,44E+00	1	I	EG	110,30	HpGe	Genie+propio	101564	1115,55	1,04	NO	0,7	10,6	18,7	S	
29	9,20E+00	2,00E+00	2,00E+00	1		EG	90,00	HpGe	Propio	172800	1115	1,1	NO	0,4	5,8	18,9	S	
31	9,70E+00	1,62E+00	4,17E+00	1	I	EG	140,00	BEGe	GV 8.1	90000	1115,54	1,61E-02	NO	0,8	11,6	17,6	S	
32	8,20E+00	1,11E+00	2,18E+00	1		EG	120,39	BEGe	Genie	145000	1116,57	1.608E-02	NO	-0,4	-5,7	16,9	S	
34	9,70E+00	3,30E+00	2,60E+00	1		EG	45,00	HpGe	Genie-propio	86401	1115			0,8	11,6	23,0	S	
35	8,00E+00	3,00E+00	5,00E+00	1		EG	73,00	ReGe	Genie2K	80400	1115,52	1,4	NO	-0,5	-8,0	24,3	S	
36	1,08E+01	2,55E+00	1,86E+00	1		EG	81,78	HpGe	GammaVision	85000	1115,54	0,02114	NO	1,6	23,6	19,5	S	
37	6,89E+00	2,69E+00	4,22E+00	1	I	EG	196,80	HpGe	Genie 2k	54000	1115,5	9,89E-3	NO	-1,4	-20,8	24,9	S	
38	9,90E+00	1,40E+00	3,80E+00	1		EG	115,00	BEGe	Genie 2k	85000	1115,54	0,0121		0,9	13,9	17,1	S	
39	7,80E+00	1,80E+00	2,79E+00	1		EG	175,60	HpGe	Gammavision+P ropio	167413	1115,539	0,009	NO	-0,7	-10,3	19,3	S	

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ^{110m} Ag				NUMERO DE PARTICIPANTES: 21		ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.) % Incertidumbre:				4,65 ± 0,36 7,7%	σ _p =15%		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): %MADE/MEDIANA:				4,21 ± 0,72 17,2%	
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						ESPECTROMETRÍA GAMMA			OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación	
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Energía (keV)	Eficiencia pico (%)						Suma en coincidencia
2	4,96E+00	5,84E-01	1,39E+00	1		EG	200,00	Ge	Genie2000	57000	657,76	0,01268	NO	la relación (peso seco)/(peso húmedo)=0.999 y por tanto las concentraciones de actividad en Bq/(kg de peso seco) no cambian teniendo en cuenta la incertidumbre con la que se deben expresar.	1,2	17,8	18,1	S
3	3,40E+00	8,00E-01	1,20E+00	1		EG	55,20	XiRa	GENIE2000	197477	657.76	2.68E-002	NO		-1,3	-19,2	20,8	S
5	4,70E+00	6,85E-01	1,56E+00	1		EG	136,00	XiRa	GammaVision	86400	657.76	0.04161	SI (en ambas)		0,8	11,6	18,6	S
6	5,31E+00	8,90E-01	2,04E+00	3	S	EG	35,00	Ge	Genie 2000	80000	657,884		SI (en ambas)		1,7	26,1	19,1	S
11	5,20E+00	1,50E+00	1,20E+00	1		EG	198,00	ReGe	Genie + propio		884,7	0,41	NO		1,6	23,5	22,4	S
12	4,30E+00	7,00E-01	4,00E-01	1		EG	93,80	XiRa	Genie2k+propio	172743	658	1.45	SI (en ambas)		0,1	2,1	19,0	S
15	3,33E+00	2,92E-01	1,18E+00	1	S	EG	131,17	BEGe	Propio	64311	657,7600(11) // 763,9420(17) // 884,6780(13)	0,02934(19) // 0,02571(15) // 0,02273(14)	NO	En la calibración de eficiencia no procedecorregir por suma en coincidencia puesto que se realiza por simulación Monte Carlo	-1,4	-20,8	17,7	S
17	4,21E+00	8,67E-01	5,38E-01	1		EG	193,80	HpGe	Genie+Propio	215000	884,6	2,5	NO		0,0	0,0	20,0	S
18	4,95E+00	3,20E-01	1,20E+00	1		EG	100,00	HpGe	Genie 2000	72000	657,8		NO		1,2	17,6	17,5	S
25	3,82E+00	1,10E+00	1,75E+00	1	I	EG	65,50	HpGe	Genie	259200	884,68	0,0255	NO		-0,6	-9,3	22,4	S
27	4,42E+00	5,11E-01	8,38E-01	1	S	EG	100,00	BEGe	Genie2K	200000	657,79 / 706,68 / 763,94 / 884,68 / 937.48 / /	0,0238 / 0,0223 / 0,0207 / 0,0181 / 0,0172	SI (en la medida)		0,3	5,0	18,1	S
28	4,65E+00	1,20E+00	2,35E+00	1	I	EG	110,30	HpGe	Genie+propio	101564	657,76+884,68	0,94+0,74	NO		0,7	10,5	21,5	S
29	3,70E+00	5,00E-01	1,20E+00	1		EG	90,00	HpGe	Propio	172800	657,6	1,8	NO		-0,8	-12,1	18,4	S
31	3,80E+00	4,50E-01	1,23E+00	1	I	EG	140,00	BEGe	GV 8.1	90000	657,76	2,68E-02	NO		-0,6	-9,7	18,1	S
32	2,94E+00	3,29E-01	5,18E-01	1		EG	120,39	BEGe	Genie	145000	658,28	2.553E-02	NO		-2,0	-30,2	18,0	N/S
34	4,00E+00	2,70E+00	1,80E+00	1		EG	45,00	HpGe	Genie-propio	86402	657/884				-0,3	-5,0	37,9	S
35	3,60E+00	5,00E-01	1,10E+00	1		EG	73,00	ReGe	Genie2K	80400	657,75/884,67	2,3/1,7	NO		-1,0	-14,5	18,5	S
36	4,82E+00	9,40E-01	5,50E-01	1		EG	81,78	HpGe	GammaVision	85000	657,76;884,68;937,48	0,03208;0,02551;0,02436	NO		1,0	14,5	19,7	S
37	4,02E+00	6,60E-01	1,26E+00	1	I	EG	196,80	HpGe	Genie 2k	54000	657,8	1,43E-2	SI (en la medida)		-0,3	-4,5	19,0	S
38	4,60E+00	5,00E-01	1,00E+00	1		EG	115,00	BEGe	Genie 2k	85000	657,75	0,0209	SI (en la medida)		0,6	9,3	18,0	S
39	3,90E+00	6,00E-01	8,20E-01	1		EG	175,60	HpGe	Gammavision+Propio	167413	657,76	0,014	NO		-0,5	-7,4	18,8	S

MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES: 26			ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.)				8,06 ± 0,63		σ _p =15%		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.):				7,7 ± 1,2	
Determinación: ¹³⁴ Cs							% Incertidumbre:				7,8%				%MADE/MEDIANA:				15,4%	
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						ESPECTROMETRÍA GAMMA			OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación			
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I, S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Energía (keV)	Eficiencia pico (%)						Suma en coincidencia		
1	6,86E+00	3,50E-01	1,42E+00	1		EG	60,36	HpGe	GENIE 2000	172800	604.70	2.03	NO	la relación (peso seco)/(peso húmedo)=0.999 y por tanto las concentraciones de actividad en Bq/(kg de peso seco) no cambian teniendo en cuenta la incertidumbre con la que se deben expresar.	-0,7	-11,1	15,6	S		
2	9,51E+00	1,57E+00	1,23E+00	1		EG	200,00	Ge	Genie2000	57000	795,86	0,01095	NO		1,5	23,1	17,4	S		
3	6,50E+00	8,00E-01	1,10E+00	1		EG	55,20	XiRa	GENIE2000	197477	604.69	2.88E-002	NO		-1,1	-15,8	16,6	S		
5	8,13E+00	9,18E-01	1,01E+00	1		EG	136,00	XiRa	GammaVision	86400	604.72	0.044	SI (en ambas)		0,4	5,3	16,4	S		
6	7,80E+00	1,00E+00	1,91E+00	4	S	EG	35,00	Ge	Genie 2000	80000	604		SI (en ambas)		0,1	1,0	16,7	S		
8	6,30E+00	1,40E+00	2,00E+00			EG	25,44	XiRa	Genie 2000	113197	795.8	0.0275	NO		-1,2	-18,4	19,0	S		
11	9,60E+00	8,00E-01	1,70E+00	1		EG	198,00	ReGe	Genie		604,7	0,62	NO		1,6	24,4	15,9	S		
12	6,90E+00	8,00E-01	9,00E-01	1		EG	93,80	XiRa	Genie2k+propio	172743	604	1.57	SI (en ambas)		-0,7	-10,6	16,4	S		
15	7,97E+00	9,20E-02	1,55E+00	1	I	EG	131,17	BEGe	Propio	64311	604,7200 // 795,8600(100)	0,03169(22) // 0,02482(15)	SI (en la medida)	En la calibración de eficiencia no procedecorregrir por suma en coincidencia puesto que se realiza por simulación Monte Carlo	0,2	3,3	15,4	S		
17	6,64E+00	6,33E-01	4,00E-01	1		EG	193,80	HpGe	Genie+Propio	215000	794,8	2,8	SI (en la medida)		-0,9	-14,0	16,1	S		
18	8,39E+00	3,80E-01	1,10E+00	1		EG	100,00	HpGe	Genie 2000	72000	604,7/795,8		SI (en la medida)		0,6	8,7	15,5	S		
21	6,79E+00	4,91E-01	8,43E-01	1		EG	128,94	XiRa	Genie 2000	72000	604,69 y 795,84		SI (en ambas)		-0,8	-12,1	15,8	S		
22	8,50E+00	5,00E-01	7,00E-01	1		EG	65,30	HpGe	Genie2000	72619	604,7	0,0183	NO		0,7	10,1	15,6	S		
24	5,78E+00	5,10E-01	5,60E-01	1	I	EG	63,23	XiRa	GENIE2K	172056	604,7 y 795,8	97,6 y 85,4			-1,7	-25,1	16,0	S		
25	7,97E+00	5,00E-01	1,04E+00	1	I	EG	65,50	HpGe	Genie	259200	795,86	0,028	NO		0,2	3,2	15,7	S		
27	7,60E+00	9,02E-01	6,59E-01	1	S	EG	100,00	BEGe	Genie2K	200000	604,72 / 795,86	0,0434 / 0,0320	SI (en la medida)		-0,1	-1,6	16,5	S		
28	8,46E+00	6,90E-01	1,85E+00	1	I	EG	110,30	HpGe	Genie+propio	101564	604,72+795,86	1,1	NO		0,6	9,6	15,9	S		
29	6,80E+00	5,00E-01	5,00E-01	1		EG	90,00	HpGe	Propio	172800	604,7	2	NO		-0,8	-11,9	15,8	S		
31	7,74E+00	5,40E-01	1,57E+00	1	I	EG	140,00	BEGe	GV 8.1	90000	604,72	2,91E-02	SI (en la medida)		0,0	0,3	15,8	S		
32	6,22E+00	6,81E-01	5,39E-01	1		EG	120,39	BEGe	Genie	145000	605,22	2.759E-02	NO		-1,3	-19,5	16,3	S		
34	8,20E+00	1,10E+00	8,00E-01	1		EG	45,00	HpGe	Genie-propio	86403	604/795		SI (en la medida)		0,4	6,2	16,8	S		
35	7,10E+00	6,00E-01	9,00E-01	1		EG	73,00	ReGe	Genie2K	80400	604,7/795,8	2,5/1,9	NO		-0,5	-8,0	15,9	S		
36	9,18E+00	1,48E+00	6,30E-01	1		EG	81,78	HpGe	GammaVision	85000	604,72;795,86	0,03416;0,02773	SI (en la medida)		1,3	18,9	17,4	S		
37	7,83E+00	1,55E+00	1,05E+00	1	I	EG	196,80	HpGe	Genie 2k	54000	569,33/604,7/795,9	(1,59/1,52/1,25)E-2	SI (en la medida)		0,1	1,4	18,3	S		
38	7,70E+00	5,00E-01	8,00E-01	1		EG	115,00	BEGe	Genie 2k	85000	604,72	0,0227	SI (en la medida)		0,0	-0,3	15,7	S		
39	6,80E+00	6,00E-01	7,40E-01	1		EG	175,60	HpGe	Gammavision+Propio	167413	604,72	0,015	NO		-0,8	-11,9	16,0	S		

EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN 2023 ENTRE LABORATORIOS DE MEDIDA DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL (Muestras de cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ¹³⁷ Cs				NUMERO DE PARTICIPANTES: 27			ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.) % Incertidumbre:				5,80 ± 0,45 7,8%	σ _p =15%		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): %MADE/MEDIANA:				6,40 ± 0,67 10,4%
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						ESPECTROMETRÍA GAMMA			OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación	
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Energía (keV)	Eficiencia pico (%)						Suma en coincidencia
1	3,51E+00	5,80E-01	1,85E+00	1		EG	60,36	HpGe	GENIE 2000	172800	661.65	1.88	NO	la relación (peso seco)/(peso húmedo)=0.999 y por tanto las concentraciones de actividad en Bq/(kg de peso seco) no cambian teniendo en cuenta la incertidumbre con la que se deben expresar.	-3,0	-45,2	13,3	N/S
2	8,20E+00	9,35E-01	1,45E+00	1		EG	200,00	Ge	Genie2000	57000	661,65	0,01263	NO		1,9	28,1	11,9	S
3	5,90E+00	9,00E-01	1,40E+00	1		EG	55,20	XiRa	GENIE2000	197477	661.65	2.67E-002	NO	En la calibración de eficiencia no procedecorregir por suma en coincidencia puesto que se realiza por simulación Monte Carlo	-0,5	-7,8	12,9	S
5	6,80E+00	8,21E-01	6,83E-01	1		EG	136,00	XiRa	GammaVision	86400	661.6	0.0414	SI (en la calibración)		0,4	6,2	12,0	S
6	6,30E+00	9,40E-01	1,67E+00	4	S	EG	35,00	Ge	Genie 2000	80000	661		SI (en ambas)	-0,1	-1,6	12,8	S	
8	5,80E+00	1,10E+00	1,50E+00			EG	25,44	XiRa	Genie 2000	113197	661.8	0.0323	NO	-0,6	-9,4	14,1	S	
11	7,40E+00	8,00E-01	2,20E+00	1		EG	198,00	ReGe	Genie		661,6	0,56	NO	1,0	15,6	11,7	S	
12	6,10E+00	7,00E-01	1,20E+00	1		EG	93,80	XiRa	Genie2k+propio	172743	662	1.44	NO	-0,3	-4,7	11,9	S	
15	6,65E+00	4,44E-01	2,99E-01	1		EG	131,17	BEGe	Propio	64311	661,6570(30)	0,02918(19)	NO	En la calibración de eficiencia no procedecorregir por suma en coincidencia puesto que se realiza por simulación Monte Carlo	0,3	4,0	10,9	S
17	5,72E+00	3,77E-01	3,86E-01	1		EG	193,80	HpGe	Genie+Propio	215000	662	3,3	SI (en la medida)		-0,7	-10,6	10,9	S
18	7,04E+00	7,40E-01	1,40E+00	1		EG	100,00	HpGe	Genie 2000	72000	661,7		NO	0,7	10,0	11,7	S	
20	6,45E+00	6,50E-01	2,18E+00	1		EG		HpGe	SPAT	172800	661,64			0,1	0,8	11,6	S	
21	4,95E+00	1,19E+00	1,14E+00	1		EG	128,94	XiRa	Genie 2000	72000	661,6	0,0184	NO	-1,5	-22,7	15,9	S	
22	6,50E+00	6,00E-01	9,00E-01	1		EG	65,30	HpGe	Genie2000	72619	661,6	0,0168	NO	0,1	1,6	11,4	S	
24	5,52E+00	5,80E-01	8,70E-01	1	I	EG	63,23	XiRa	GENIE2K	172056	661,7	85,1		-0,9	-13,8	11,7	S	
25	6,72E+00	4,00E-01	9,06E-01	1	I	EG	65,50	HpGe	Genie	259200	661,66	0,0331	NO	0,3	5,0	10,8	S	
27	6,72E+00	8,76E-01	6,64E-01	1	S	EG	100,00	BEGe	Genie2K	200000	661,66	0,0237	NO	0,3	5,0	12,3	S	
28	6,81E+00	2,29E+00	1,73E+00	1	I	EG	110,30	HpGe	Genie+propio	101564	661,66	3,4	NO	0,4	6,4	19,8	S	
29	6,00E+00	7,00E-01	5,00E-01	1		EG	90,00	HpGe	Propio	172800	661,65	1,8	NO	-0,4	-6,3	11,9	S	
31	6,85E+00	5,30E-01	8,50E-01	1	I	EG	140,00	BEGe	GV 8.1	90000	661,66	2,67E-02	NO	0,5	7,0	11,1	S	
32	3,17E+00	6,38E-01	7,93E-01	1		EG	120,39	BEGe	Genie	145000	662,18	2.539E-02	NO	-3,4	-50,5	14,5	N/S	
34	6,40E+00	2,10E+00	1,10E+00	1		EG	45,00	HpGe	Genie-propio	86404	661			0,0	0,0	19,4	S	
35	5,90E+00	7,00E-01	1,20E+00	1		EG	73,00	ReGe	Genie2K	80400	661,65	2,3	NO	-0,5	-7,8	12,0	S	
36	7,82E+00	1,35E+00	6,40E-01	1		EG	81,78	HpGe	GammaVision	85000	661,66	0,03194	NO	1,5	22,2	13,5	S	
37	6,01E+00	7,30E-01	1,12E+00	1	I	EG	196,80	HpGe	Genie 2k	54000	661,7	1,43E-2	NO	-0,4	-6,1	12,1	S	
38	6,50E+00	5,00E-01	1,00E+00	1		EG	115,00	BEGe	Genie 2k	85000	661,66	0,0208		0,1	1,6	11,1	S	
39	5,80E+00	7,00E-01	9,00E-01	1		EG	175,60	HpGe	Gammavision+P ropio	167413	661,657	0,014	NO	-0,6	-9,4	12,0	S	

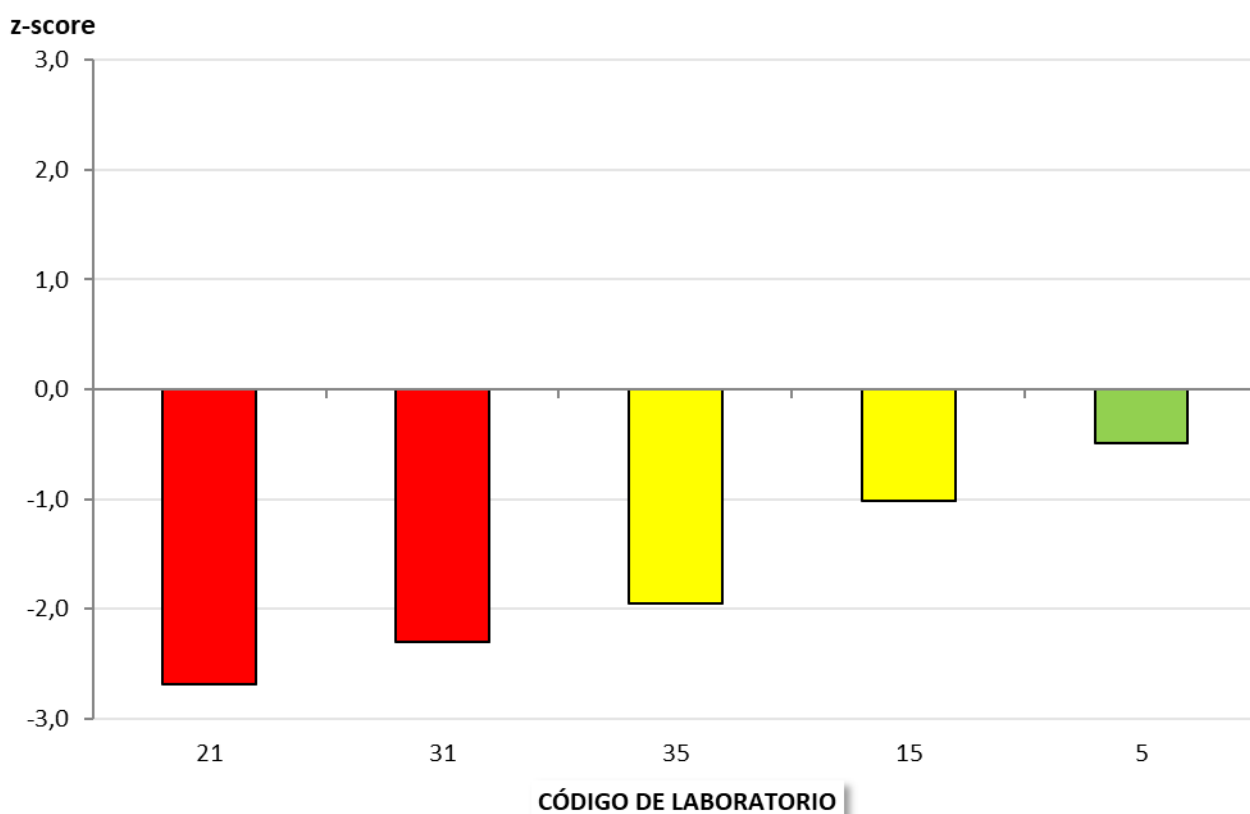
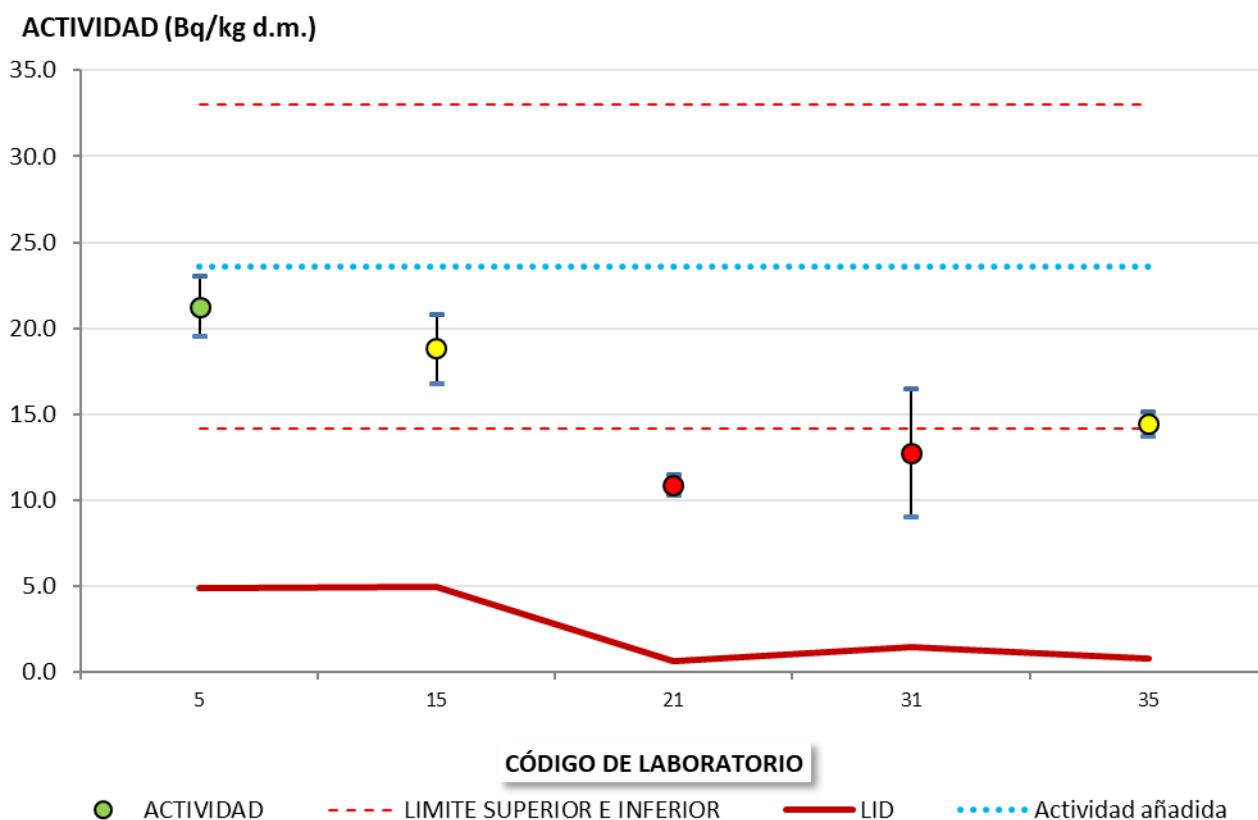
EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN 2023 ENTRE LABORATORIOS DE MEDIDA DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL (Muestras de cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES: 18							$\sigma_p=30\%$	MEDIANA $\pm$ MADE (Bq/kg d.m.): %MADE/MEDIANA:				37 $\pm$ 35 92,7%
Determinación: α_r																
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							Dias entre análisis y medida	OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)						
5			1,28E+02	1		Otros	0,05	CP	Propio	60000	1					
6	2,70E+02	6,71E+01	1,17E+02	2	I	Otros	0,05	CP		6000			20,8	622,9	93,5	N/S
9			9,80E+01	2	I	Otros	0,15	CP	PROPIO	60000	3					
12	1,70E+02	1,10E+02	4,71E+00	1		Otros	5,54	CL	Easyview + Propio	3600	1	La medida alfa total por centelleo líquido se aplica más en muestras de agua. En este caso se ha hecho un ensayo inicial.	11,8	355,2	98,2	N/S
15	1,40E+01	2,90E+01	1,08E+02	3	I	Otros	0,02	CP	Propio	172800	0		-2,1	-62,5	139,0	N/S
20			3,02E+01	1			0,08	CP		1440						
21	5,17E+00	1,59E+01	3,29E+01	1		Otros	0,20	CP	UMS + Propio	72000			-2,9	-86,1	179,2	N/S
22	2,90E+01	1,50E+01	2,00E+01	1		Otros	0,25	CP	Propio (Excel)	60000			-0,7	-22,4	96,3	S
24	4,50E+01	2,50E+01	3,80E+01	2	I	Otros	0,15	CP	Alfabeta	72000			0,7	20,5	96,8	S
25	4,17E+01	2,30E+01	3,36E+01	1	I	Otros	0,07	CP	Propio	180000	2		0,4	11,6	96,7	S
27	3,45E+02	7,54E+01	1,52E+01	2	S		0,10	CP	PROPIO	86400	1		27,5	823,7	93,4	N/S
28			9,60E+01	2	I	Otros	0,20	CP	Propio	85500						
29	1,40E+01	7,00E+00	1,30E+01	1		Otros	0,20	CS	Propio	84000	2		-2,1	-62,5	96,0	N/S
31			8,30E+01	1		Otros	0,05	CP	propio	60000	2					
34			5,70E+01	1		Otros	0,09	CP	Propio	57600	1					
35			3,40E+01	1		Otros	0,05	CS		1000	2					
36	3,30E+01	1,70E+01	1,70E+01	1		Otros	0,10	CP	Propio	60000	0		-0,4	-11,6	96,2	S
39			4,13E+01	5		Otros		CP	Berthold Ams+Propio	60000	0					

MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES: 19							$\sigma_p=20\%$	MEDIANA $\pm$ MADE (Bq/kg d.m.): %MADE/MEDIANA:				4.690 $\pm$ 460 9,8%
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							Dias entre análisis y medida	OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)						
5	4,64E+03	2,41E+02	2,01E+01	1		Otros	0,21	CP	Propio	60000	1		-0,1	-1,2	10,1	S
6	4,14E+03	2,20E+02	2,47E+01	2	I	Otros	0,15	CP		6000			-0,6	-11,7	10,2	S
9	4,95E+03	1,30E+02	7,57E+02	2	I	Otros	0,15	CP	PROPIO	60000	3		0,3	5,6	9,9	S
12	3,80E+03	5,00E+02	2,33E+02	1		Otros	5,54	CL	Easyview + Propio	3600	1	La medida beta total por centelleo líquido se aplica más en muestras de agua. En este caso se ha hecho un ensayo inicial.	-0,9	-19,0	11,8	S
15	4,74E+03	2,45E+02	1,41E+02	3	I	Otros	0,02	CP	Propio	172800	0		0,1	1,2	10,1	S
17	4,69E+03	3,57E+02	8,72E+01	1		Otros	0,04	CP	PROPIO	210000	2		0,0	0,0	10,5	S
20	3,31E+03	2,44E+02	3,70E+02	1			0,08	CP		1440			-1,5	-29,5	10,5	D
21	4,97E+03	6,27E+01	2,50E+01	1		Otros	0,20	CP	UMS + Propio	72000			0,3	6,0	9,8	S
22	4,13E+03	9,20E+01	1,70E+01	1		Otros	0,25	CP	Propio (Excel)	60000			-0,6	-12,0	9,9	S
24	4,75E+03	2,98E+02	2,80E+01	2	I	Otros	0,15	CP	Alfabeta	72000			0,1	1,3	10,3	S
25	5,28E+03	2,18E+02	1,42E+02	1	I	Otros	0,07	CP	Propio	18000	2		0,6	12,6	10,0	S
27	4,54E+03	5,00E+02	2,19E+01	3	S		0,20	CP	PROPIO	86400	1		-0,2	-3,2	11,2	S
28	5,32E+03	2,84E+02	3,70E+01	2	I	Otros	0,20	CP	Propio	85500			0,7	13,3	10,2	S
29	4,17E+03	1,53E+02	5,20E+01	1		Otros	0,20	CP	UMS	84000	2		-0,6	-11,1	10,0	S
31	5,06E+03	2,57E+02	2,49E+01	1	I	Otros	0,20	CP	propio	60000	2		0,4	7,9	10,1	S
34	5,00E+03	2,00E+02	8,00E+01	1		Otros	0,09	CP	Propio	57600	1		0,3	6,6	10,0	S
35	4,61E+03	1,37E+02	5,70E+01	1		Otros	0,10	CP	HT1000	1000	2		-0,1	-1,8	9,9	S
36	4,88E+03	1,90E+02	4,10E+01	1		Otros	0,10	CP	Propio	60000	0		0,2	3,9	10,0	S
39	4,00E+03	1,70E+02	3,24E+01	5	I	Otros	0,15	CP	Berthold Ams+Propio	60000	0		-0,7	-14,7	10,0	S

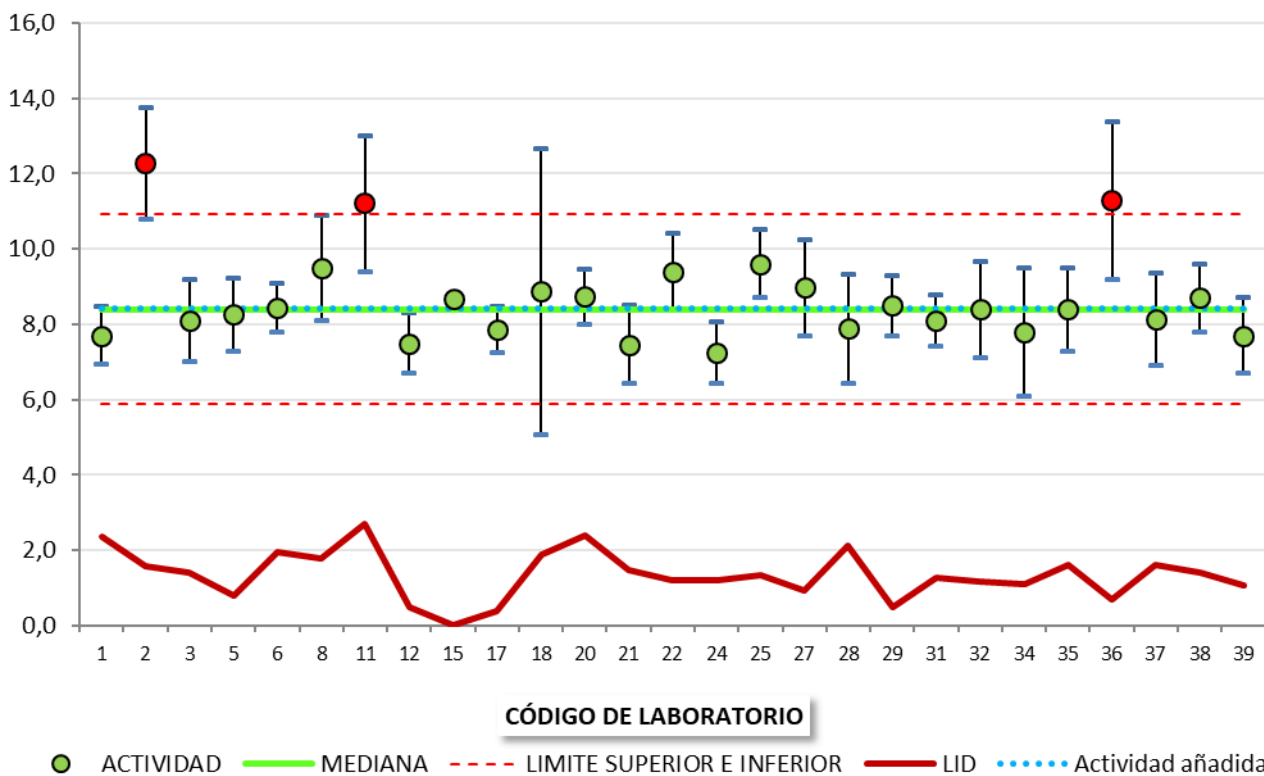
**ANEXO II. GRÁFICAS DE RESULTADOS Y DE
EVALUACIÓN DE LOS VALORES INFORMADOS EN
UN PLAZO MÁXIMO DE 72 h
(CENIZAS DE ALIMENTOS)**

$^{89+90}\text{Sr}$ (Cenizas alimentos)

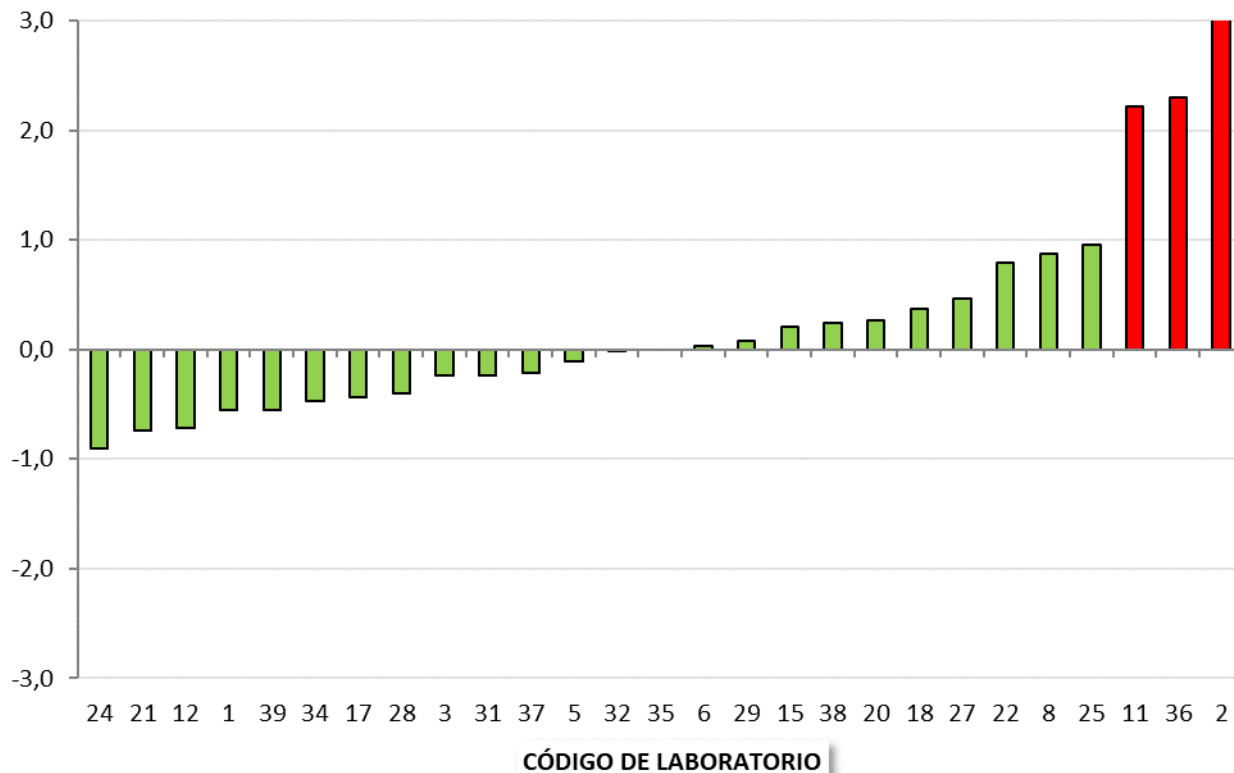


^{54}Mn (Cenizas alimentos)

ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)



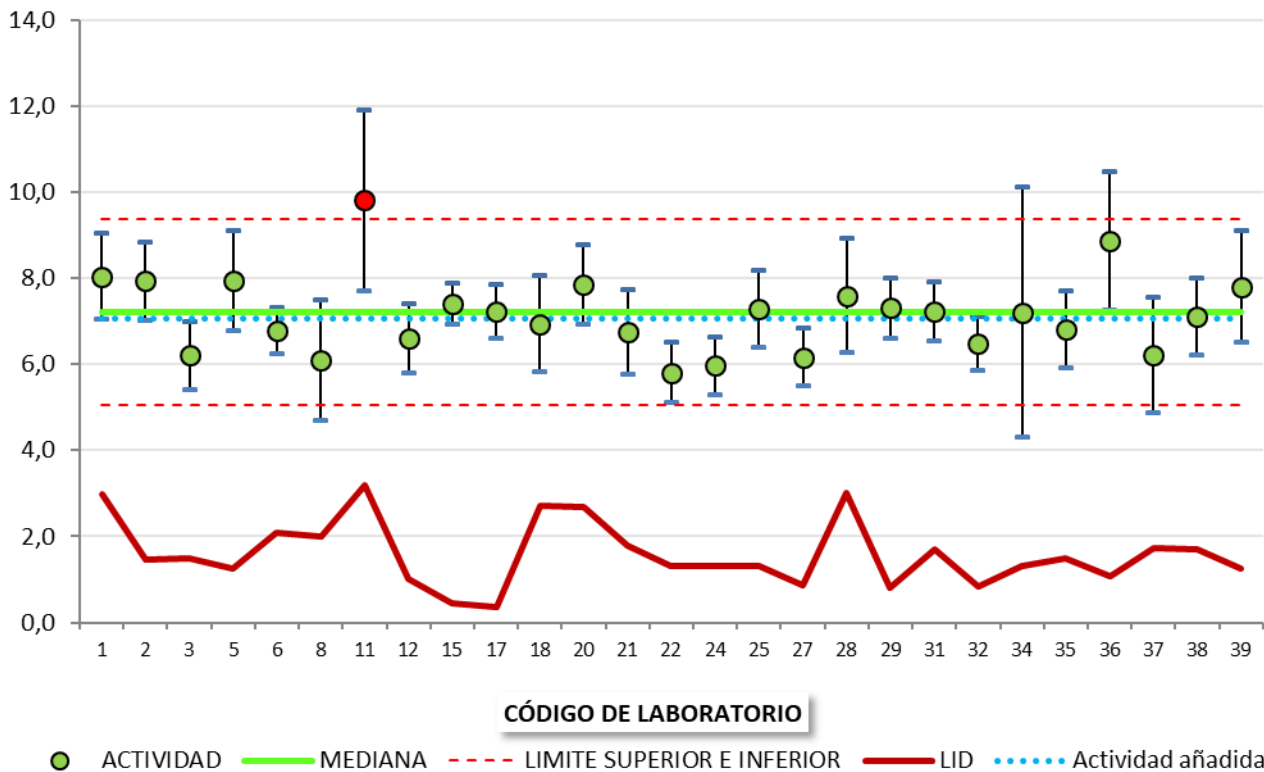
z-score



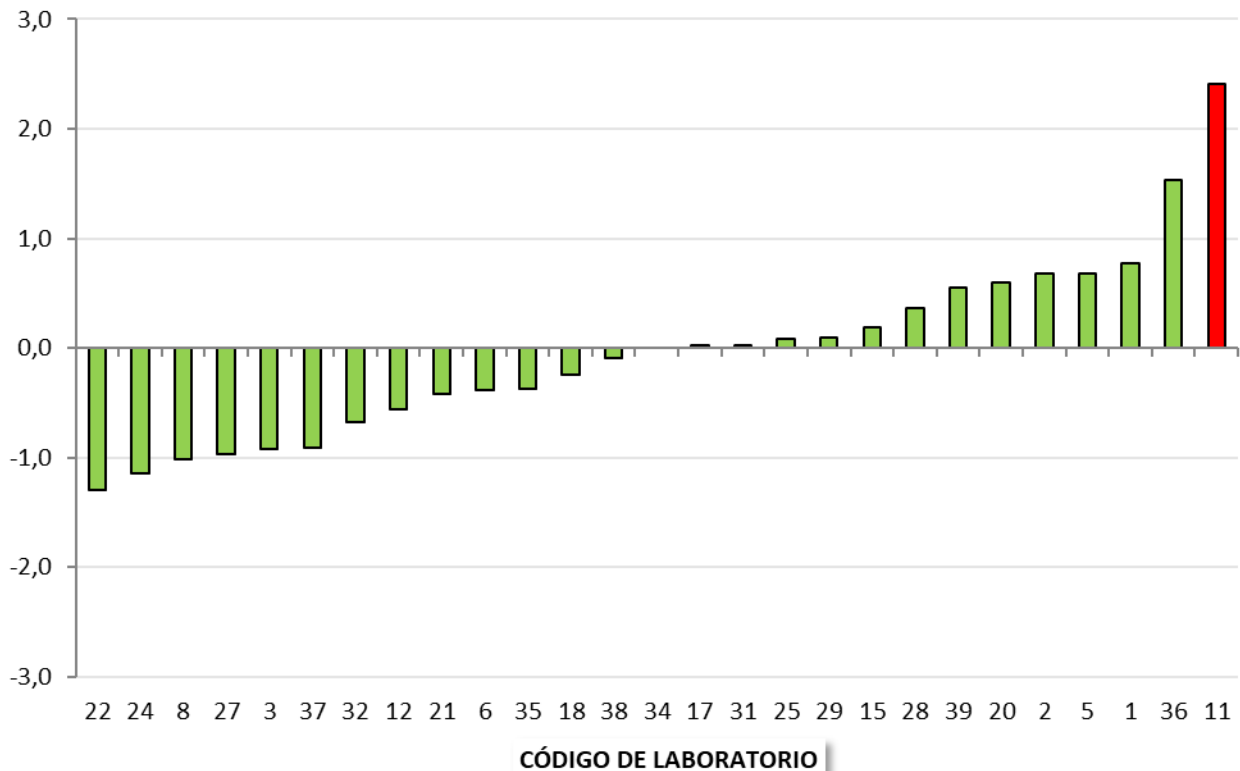
EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN 2023 ENTRE LABORATORIOS DE MEDIDA DE RADIOACTIVIDAD AMBIENTAL (Muestras de cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

^{60}Co (Cenizas alimentos)

ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)

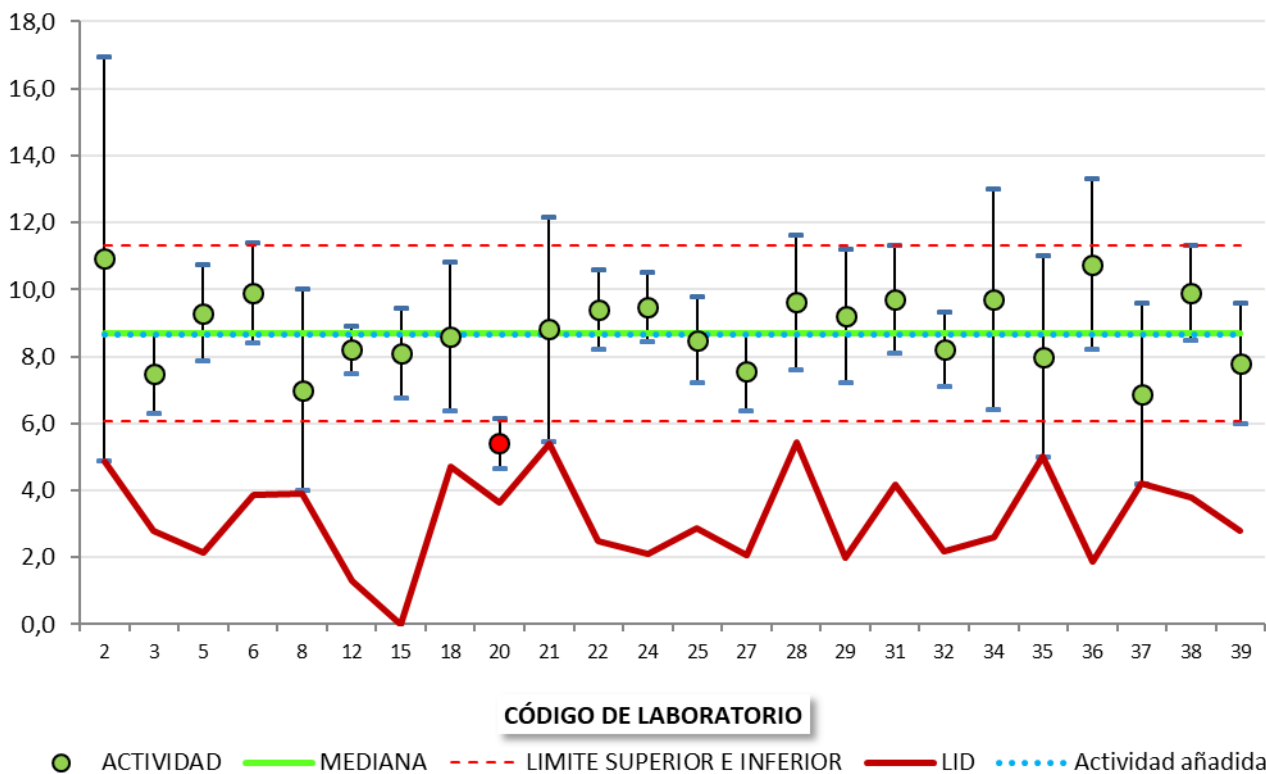


z-score

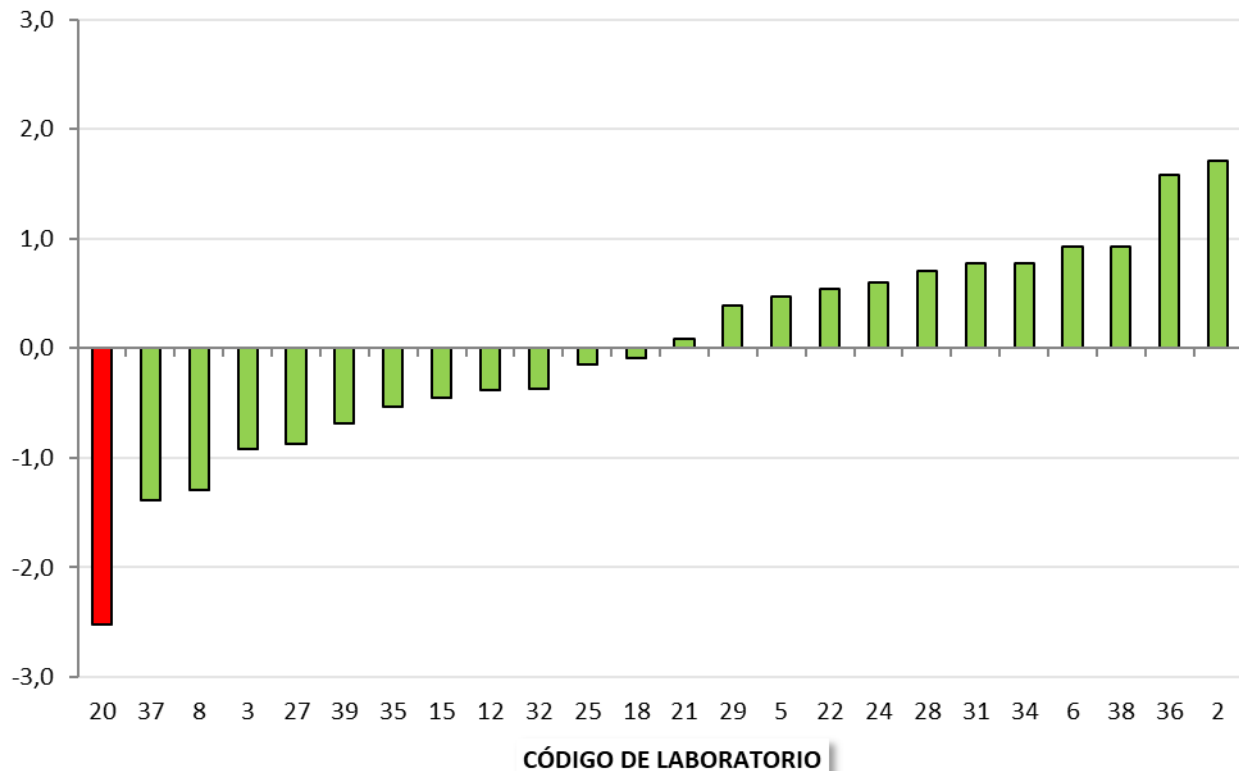


^{65}Zn (Cenizas alimentos)

ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)



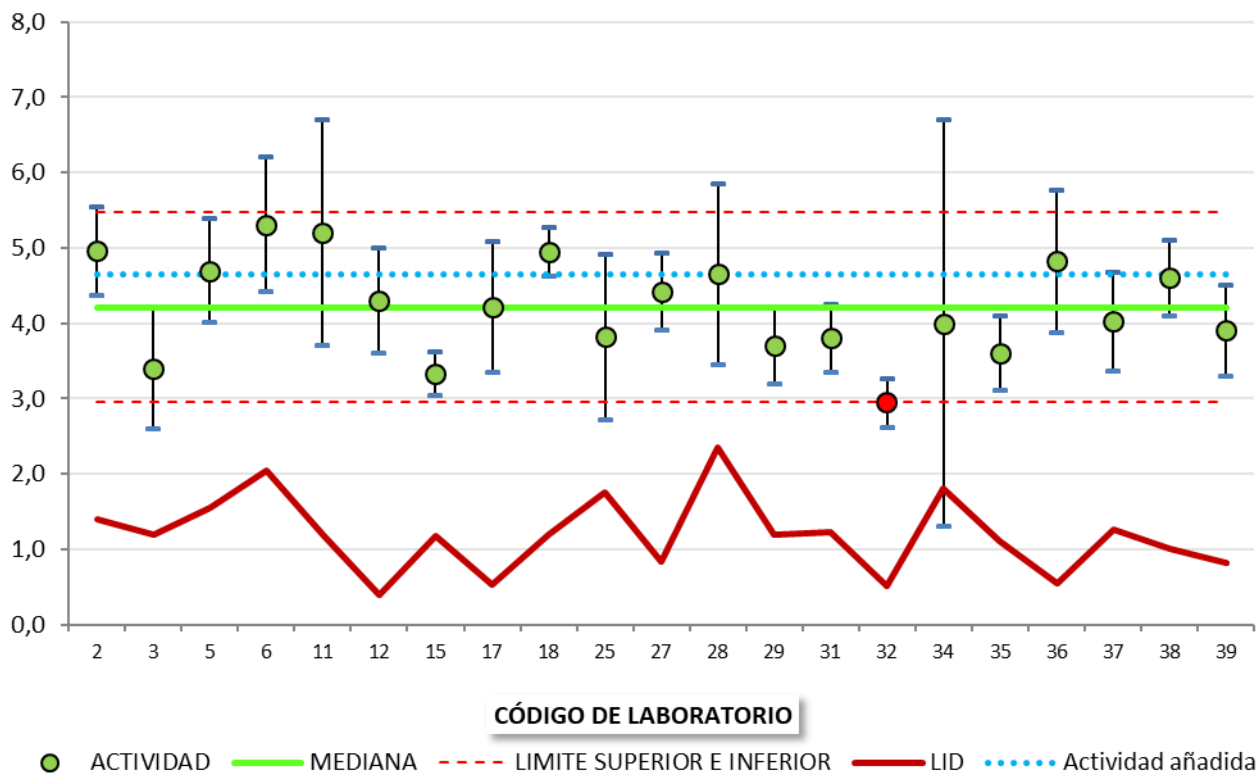
z-score



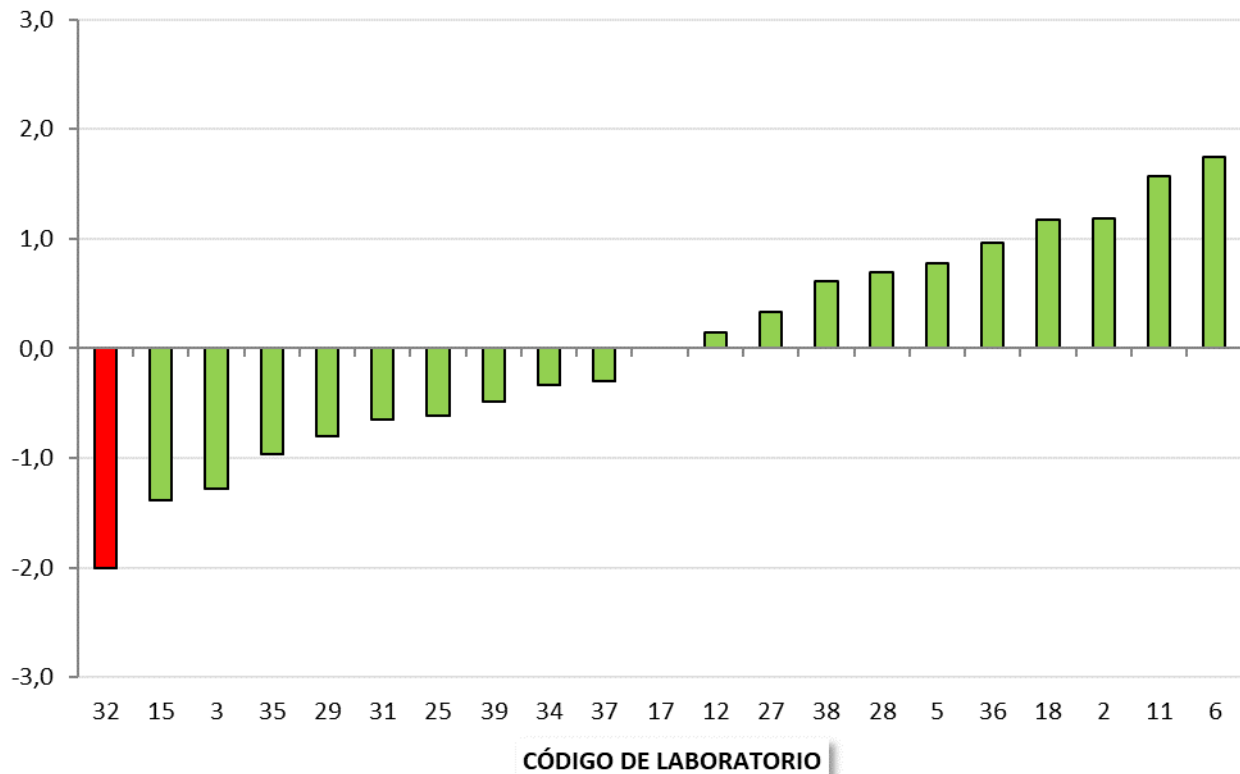
EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN 2023 ENTRE LABORATORIOS DE MEDIDA DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL (Muestras de cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

^{110m}Ag (Cenizas alimentos)

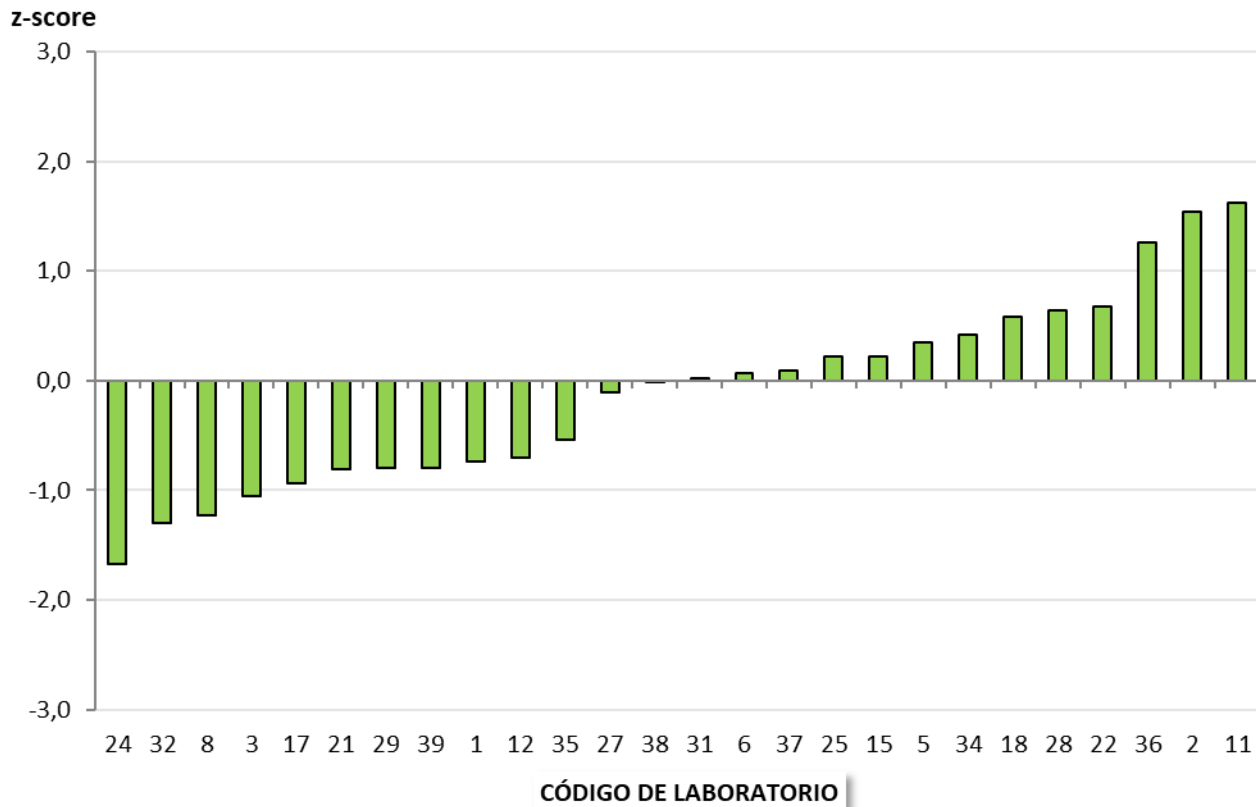
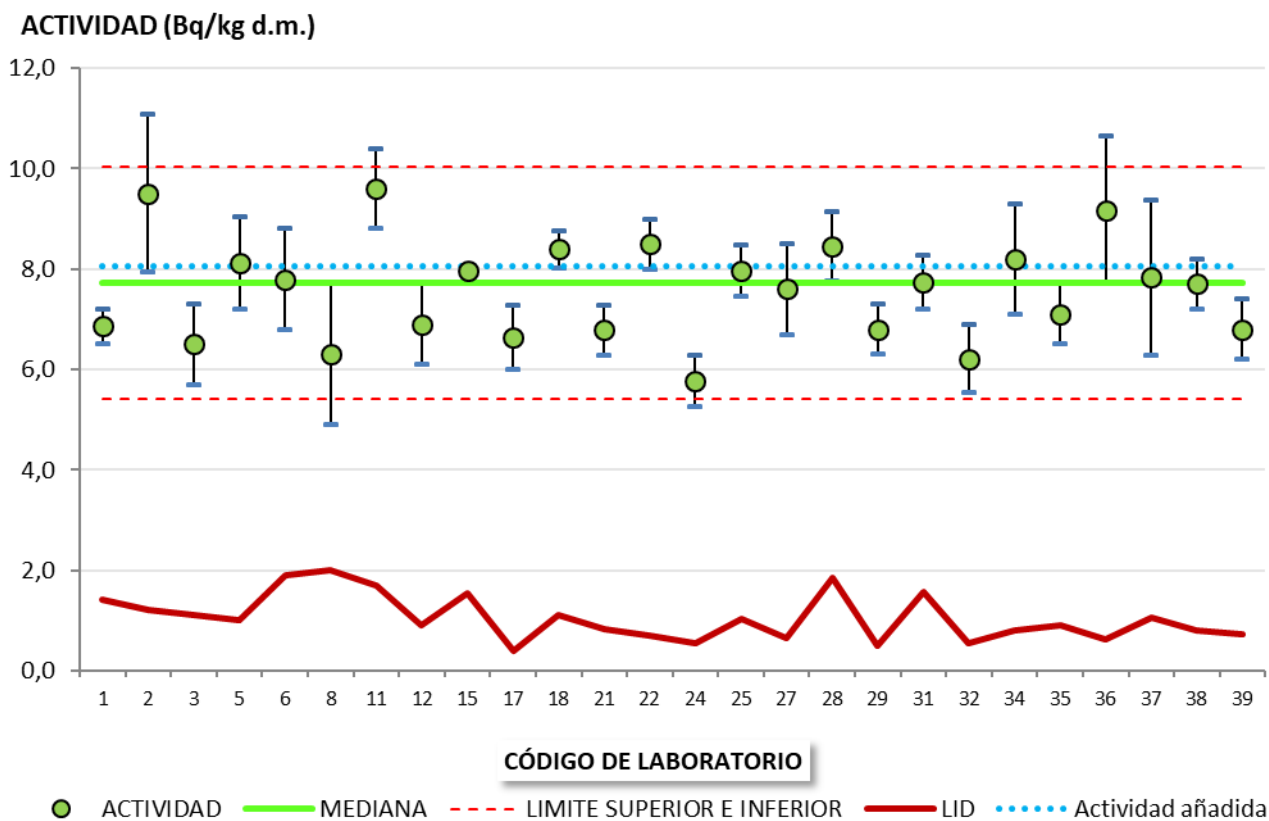
ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)



z-score

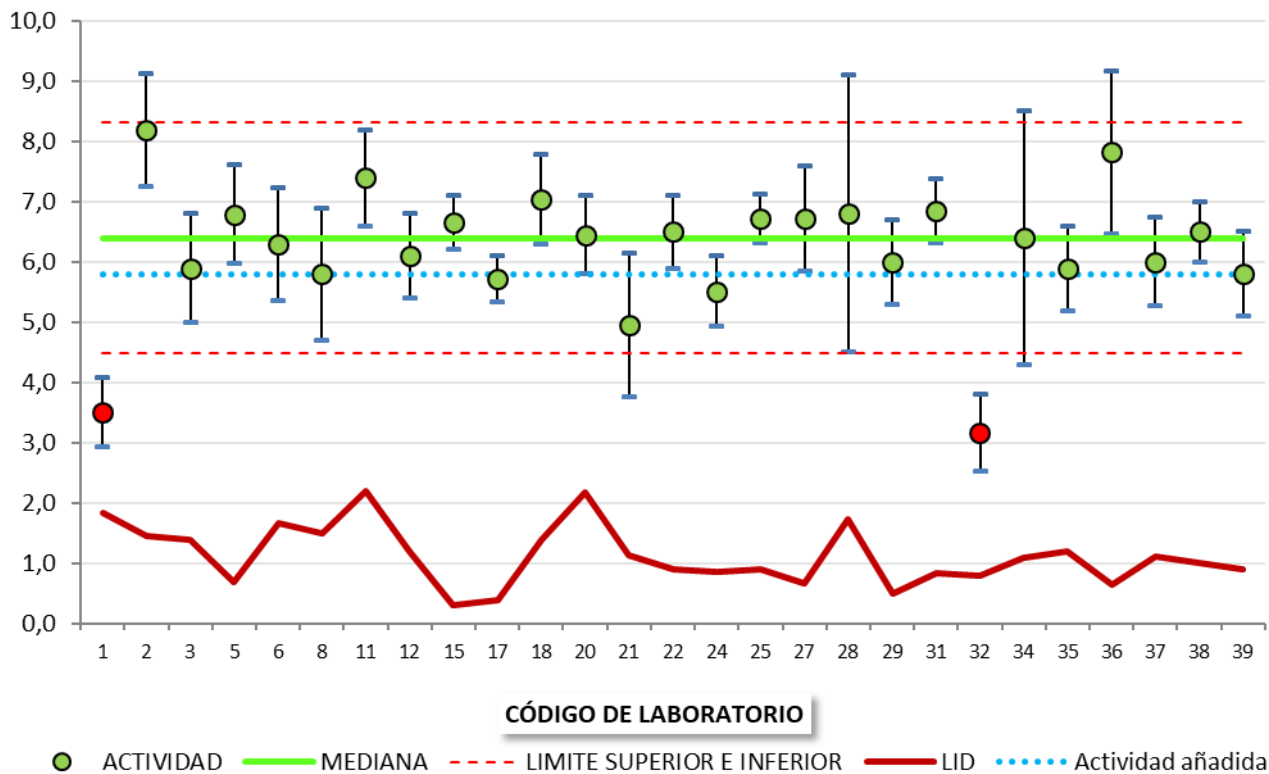


^{134}Cs (Cenizas alimentos)

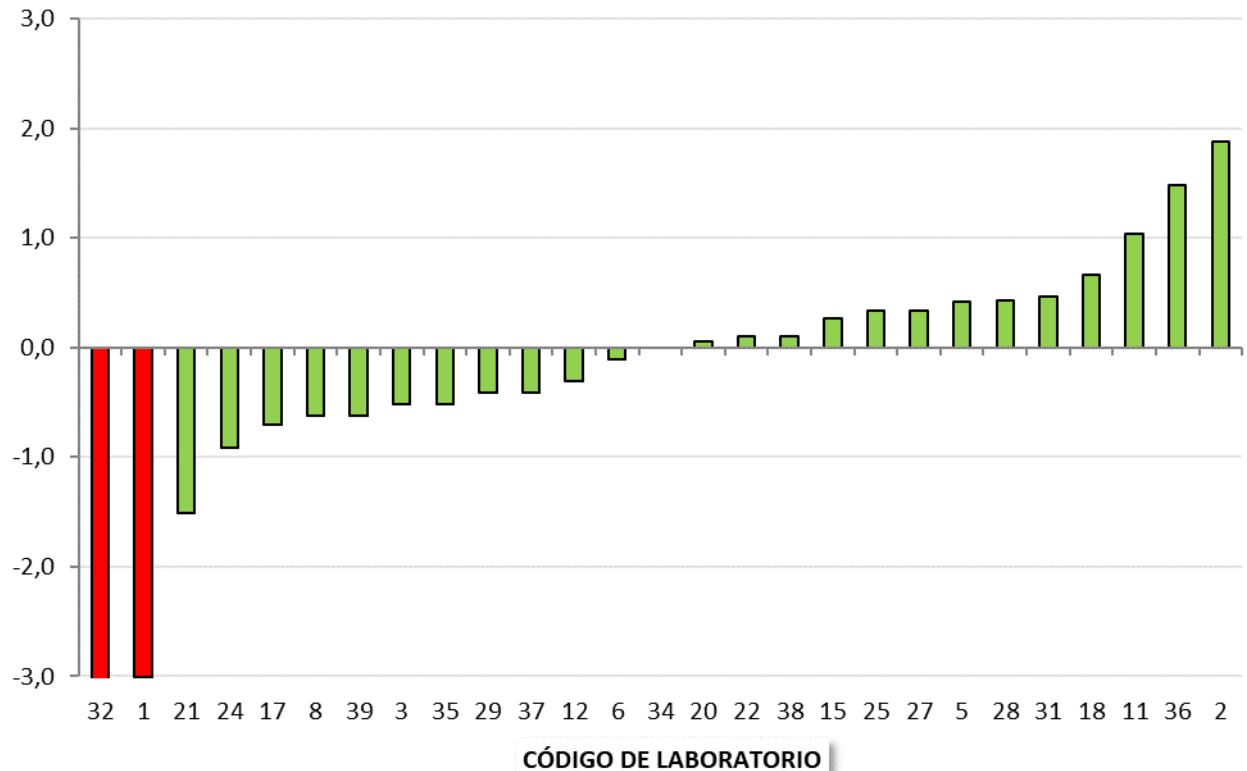


^{137}Cs (Cenizas alimentos)

ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)



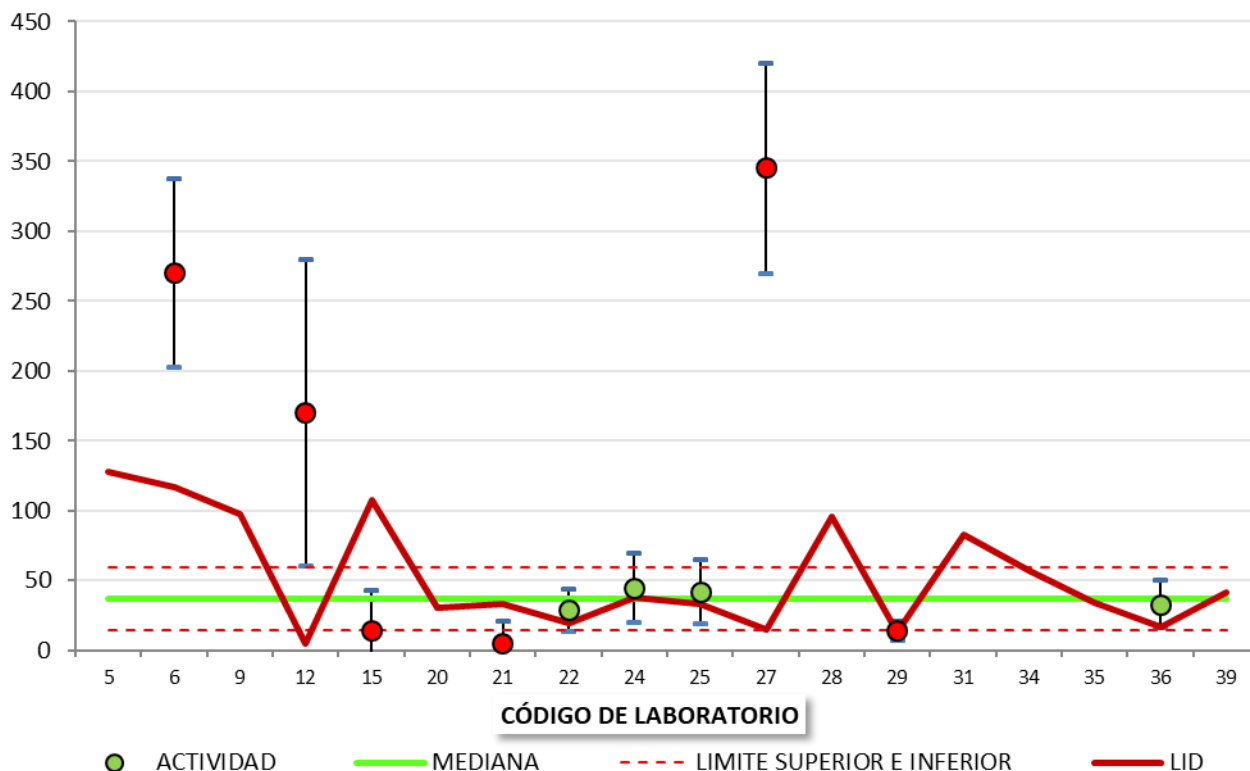
z-score



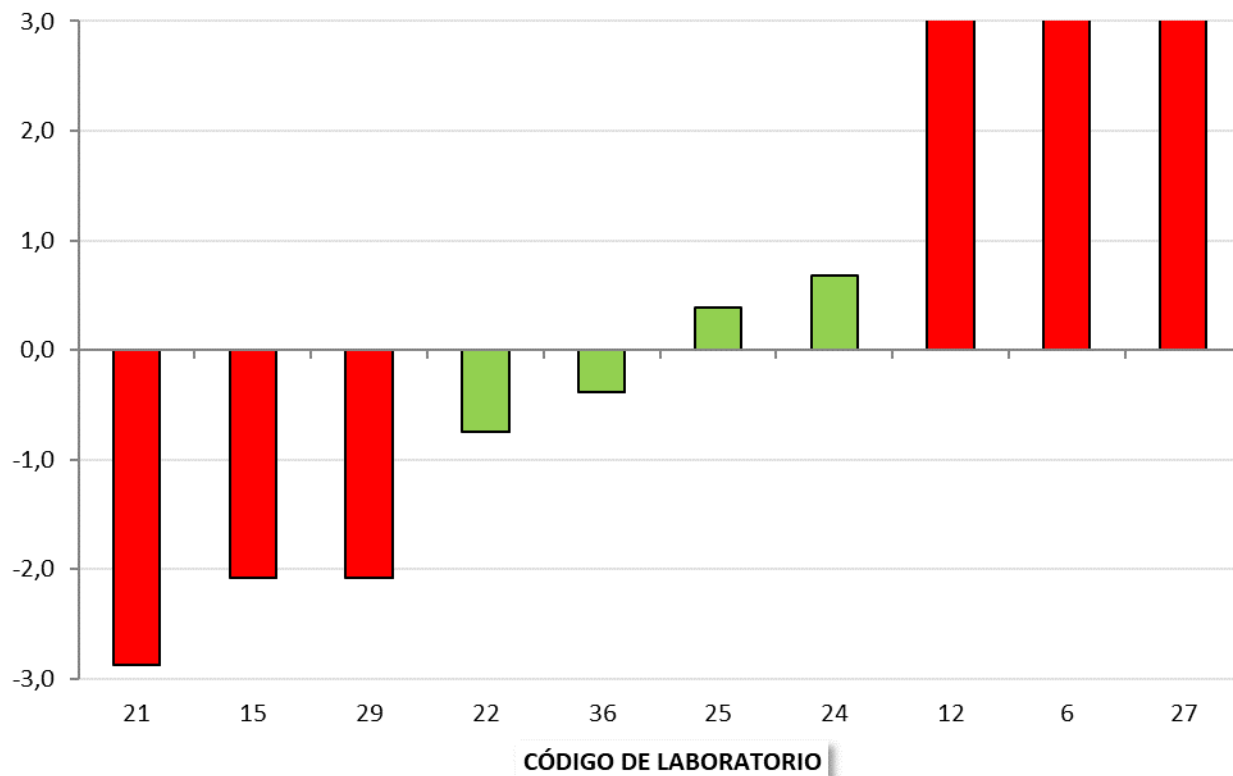
EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN 2023 ENTRE LABORATORIOS DE MEDIDA DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL (Muestras de cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

α_T (Cenizas alimentos)

ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)

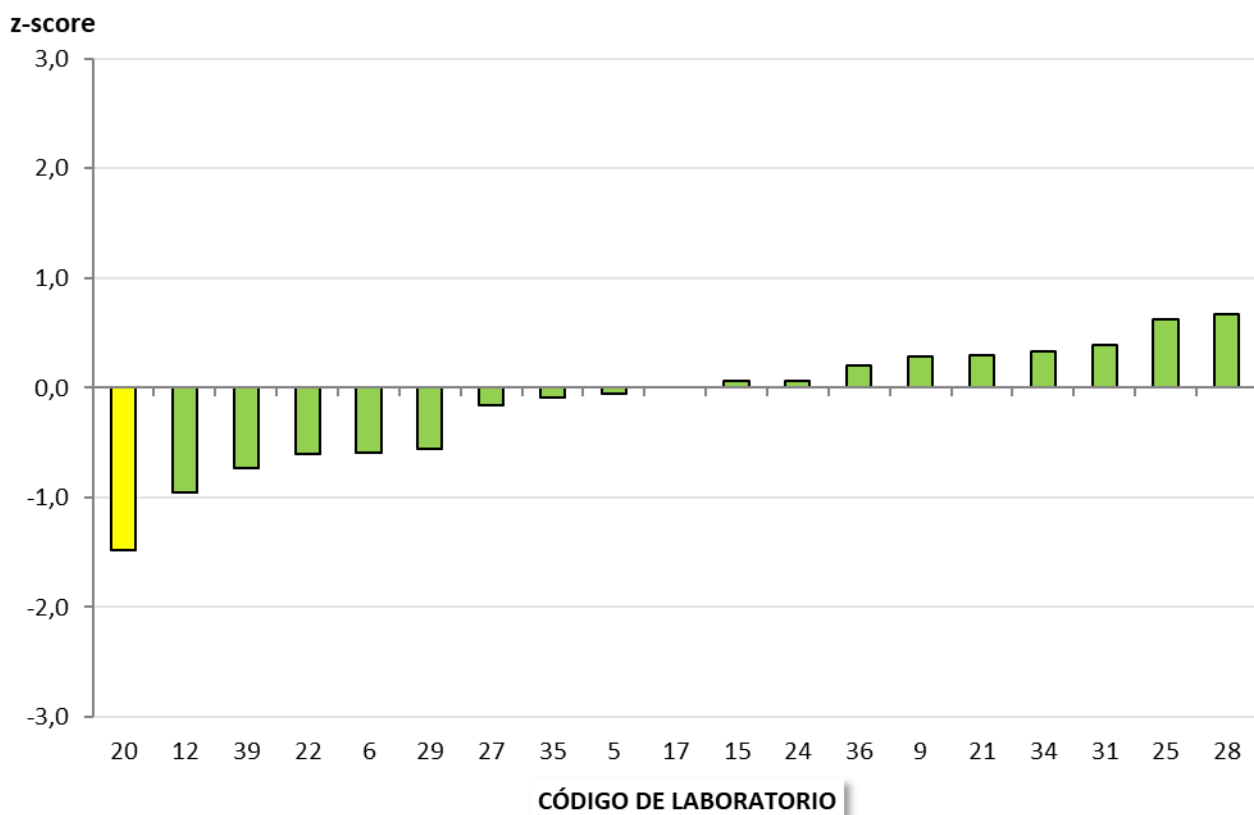
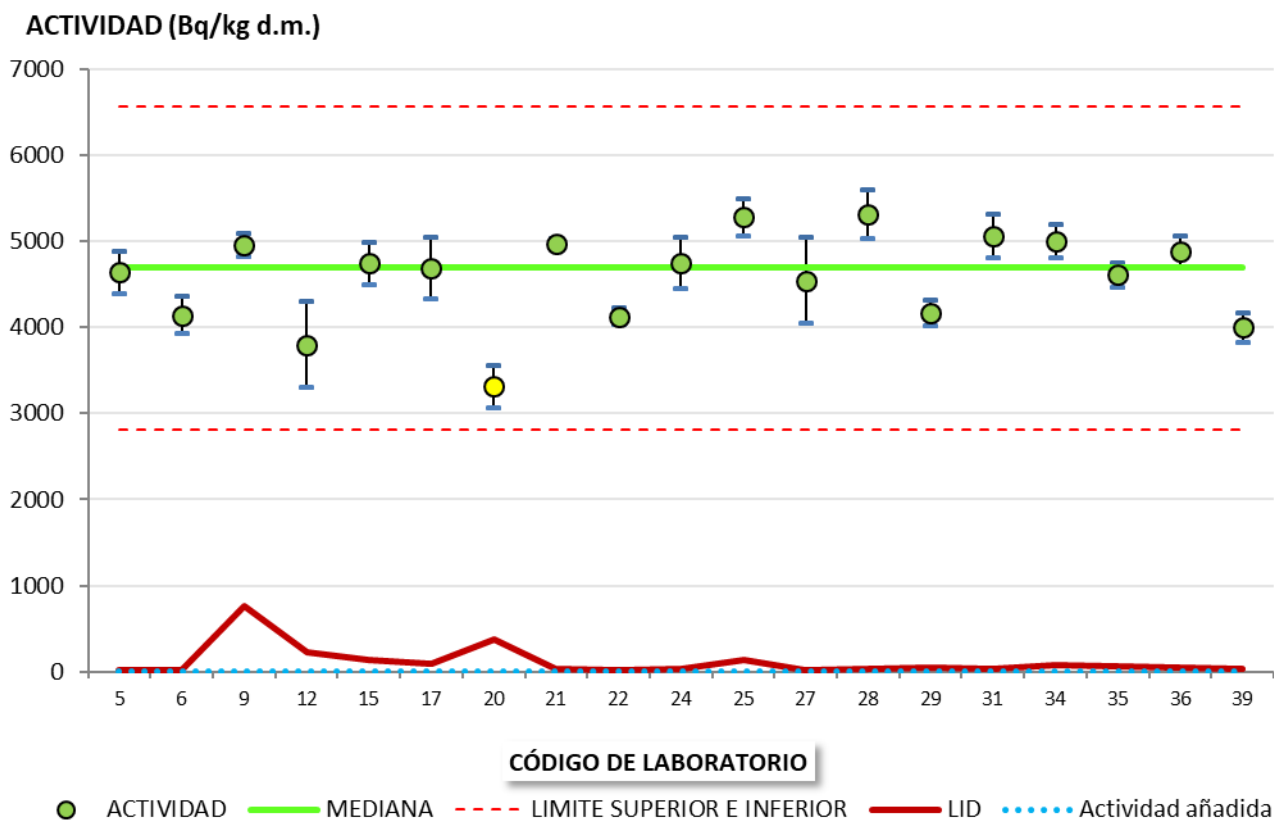


z-score



EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN 2023 ENTRE LABORATORIOS DE MEDIDA DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL (Muestras de cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

β_T (Cenizas alimentos)



ANEXO III. TABLAS DE VALORES INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 3 MESES (CENIZAS DE ALIMENTOS)

MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES:						ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.)		149 ± 12								
Determinación: ⁵⁵ Fe				4						σ _p =20%		% Incertidumbre:		8,1%						
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA				OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación		
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Tipo ataque	Ácidos	Método empleado						Tipo de columna	
2	1,58E+02	2,52E+01	1,87E+01	1		SR	12,00	CL	Propio	36000	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	Intercambio ionico	DOWEX	Aparecen cristales blancos tras evaporar a sequedad	0,3	6,0	8,9	S	
5	1,68E+02	7,41E+00	1,31E+01	3	I	SR	1,60	CL	Propio	21600	DT (Digestión Total)	HNO3/HCl	Intercambio ionico	AG1X8		0,6	13,0	4,6	D	
12	2,20E+02	2,40E+01	3,00E+00	1		SR	6,77	CL	Easyview + propio	36000	LX (Digestión - Lixiviación)	HCl+HNO3 3:1	PP+Cl	AG 1x4		2,4	47,7	6,8	N/S	
24	2,05E+02	5,20E+01	1,10E+01	3	I	SR	2,00	CL	Propio	24000	DT (Digestión Total)	HF+HCl+HNO3	Cl	AG 1x4		1,9	37,6	13,3	D	

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ⁶³ Ni				NUMERO DE PARTICIPANTES: 5				σ _p =20%		ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.) 67,1 ± 5,3 % Incertidumbre: 7,9%				MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): 83,8 ± 26,7 %MADE/MEDIANA: 31,9%					
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA				OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Tipo ataque	Ácidos	Método empleado	Tipo de columna					
2	6,58E+01	3,64E+00	5,16E+00	1		SR	12,00	CL	Propio	36000	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	Intercambio ionico	DOWEX	Aparecen cristales blancos tras evaporar a sequedad	-0,1	-1,9	4,8	S
5	8,38E+01	5,04E+00	1,10E+01	3	I	SR	1,60	CL	Propio	21600	DT (Digestión Total)	HNO3/HCl	Intercambio ionico	AG1X8		1,2	24,9	5,0	D
12	4,90E+01	2,40E+01	1,10E+01	1		SR	2,24	CL	Easyview + propio	18000	LX (Digestión - Lixiviación)	HCl+HNO3 3:1	PP+Cl+EC	Ni resin		-1,3	-27,0	24,8	S
19	1,08E+02	1,90E+01	2,70E+01	2	S	SR	1,23	CL		36000	DT (Digestión Total)	HNO3, HCl y HClO4	EX			3,0	61,0	9,6	N/S
24	9,00E+01	1,90E+01	1,30E+01	3	I	SR	2,00	CL	Propio	24000	DT (Digestión Total)	HF+HCl+HNO3	Cl	AG1x4 + Ni Resin		1,7	34,1	11,3	D

MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES:		14				σ _p =20%		ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.)				14,7 ± 1,2		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.):					15,3 ± 6,8	
Determinación: ⁸⁹ Sr				PARTICIPANTES:								% Incertidumbre:				8,16%		%MADE/MEDIANA:					44,59%	
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA				OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación					
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Tipo ataque	Ácidos	Método empleado	Tipo de columna										
5			2,58E+01	3	I	SR		CP	Propio	60000	DT (Digestión Total)	HNO3	Intercambio ionico	DOWEX 50WX8										
6			2,25E+01	1	I	SR	1,50	CP	Propio	120000	LX (Digestión - Lixiviación)	Nitrico	EC	Sr-Spec										
7	8,23E+00	1,21E+00	1,20E+00	1	I	SR	22,30	CP	apexAB+excel	86400	DT (Digestión Total)	HCl	Cl	Dowex 50		-2,3	-46,2	45,2		N/S				
12	1,70E+01	3,00E+00	8,50E+00	1		SR	7,00	CP	Propio	36000	LX (Digestión - Lixiviación)	HCl+HNO3 3:1	PP		Aparición de sales blanquecinas durante la fase de precipitación que dificultaron la separación radioquímica	0,6	11,1	45,5		S				
15	1,99E+01	1,96E+00	5,00E+00	3	I	SR	5,00	CL		180420	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	coprecipitación			1,5	30,1	44,9		S				
17	1,07E+01	2,35E+00	6,18E-01	1		SR	40,00	CP	Propio	54000	LX (Digestión - Lixiviación)	HCl	Cl	50WX8		-1,5	-30,1	45,9		S				
20			5,06E+00	1		SR	20,00	CP		1440														
21	4,23E+00	5,97E-01	7,53E-01	1		SR	7,42	CP	UMS + PROPIO	72000	DT (Digestión Total)	HNO3	Separación radioquímica		Se realizaron 2 alícuotas, pero se tuvo en cuenta una para los resultados.	-3,6	-72,4	45,1		N/S				
26	7,59E+00	1,60E+00	1,24E+00	2		SR	10,05	CP	Excel	132000	LX (Digestión - Lixiviación)	Agua Regia	EX	DOWEX AG 1x8, Sr spec		-2,5	-50,4	45,8		N/S				
28	1,53E+01	7,10E+00	1,04E+01	2	I	SR	12,02	CP	Propio	85500	MO (Microondas)	HNO3+H2O2	II	DOWEX50WX8		0,0	0,0	50,3		S				
34	1,62E+01	7,80E+00	1,00E+01	1		SR	25,00	CP		14400						0,3	5,9	50,7		S				
35	6,60E+00	9,00E-01	1,00E+00	1		SR	15,00	CP	HT1000	60000	MO (Microondas)	HNO3/HCl (1:1)	intercambio iónico	Dowex		-2,8	-56,9	45,1		N/S				
36	1,57E+01	3,85E+00	3,30E-01	1		SR	20,05	CP	Propio	60000	LX (Digestión - Lixiviación)	HCl;HNO3	Cl	Dowex AG 1x8	Problemas determinación rendimiento separación	0,1	2,8	46,2		S				
38	1,57E+01	2,40E+00	6,40E+00	1		SR	10,00	CL	Propio	86400	LX (Digestión - Lixiviación)	agua regia	PP	no aplica		0,1	2,6	45,2		S				

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ⁹⁰ Sr				NUMERO DE PARTICIPANTES: 26						σ _p =20%		ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.) % Incertidumbre: 8,90 ± 0,70 7,87%				MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): %MADE/MEDIANA: 9,10 ± 3,11 34,22%				
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA				OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación		
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Tipo ataque	Ácidos	Método empleado						Tipo de columna	
1	1,92E+01	1,20E+00	5,00E-01	1		SR	10,18	CP	UMS	36000	DT (Digestión Total)	HNO3+HCL	PP	DOWEX50W8		5,5	111,0	34,4	N/S	
2	9,59E+00	2,49E+00	1,52E+00	1		SR	15,00	CLC	Propio	36000	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	Intercambio ionico	DOWEX		0,3	5,4	36,6	S	
5	8,71E+00	9,80E-01	1,85E+00	4	I	SR		CP	Propio	60000	DT (Digestión Total)	HNO3	Intercambio ionico	DOWEX 50WX8		-0,2	-4,3	34,7	S	
6	1,01E+01	1,49E+00	1,81E+00	1	I	SR	1,50	CP	Propio	120000	LX (Digestión - Lixiviación)	Nitrico	EC	Sr-Spec		0,5	10,4	35,0	S	
7	6,72E+00	5,50E-01	5,50E-01	1	I	SR	22,30	CP	apexAB+excel	86400	DT (Digestión Total)	HCL	Cl	Dowex 50		-1,3	-26,2	34,5	S	
10	1,65E+01	5,36E+00	7,42E+00	2	I	SR	2,50	CP	Propio	18000						4,1	81,3	37,9	N/S	
11	4,80E+00	5,00E-01	7,00E-01	1		SR	14,70	CP	Propio	60000	LX (Digestión - Lixiviación)	HCl + HNO3	intercambio catiónico	Resina Dowex 50 WX8 (50-100 mallas).	recuperación 50%	-2,4	-47,3	34,6	N/S	
12	4,10E+00	8,00E-01	1,50E+00	1		SR	7,00	CP	Propio	36000	LX (Digestión - Lixiviación)	HCl+HNO3 3:1	PP		Aparición de sales blanquecinas durante la fase de precipitación que dificultaron la separación radioquímica	-2,7	-54,9	35,6	N/S	
15	7,96E+00	1,40E+00	5,00E+00	3	I	SR	5,00	CL		180420	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	coprecipitación			-0,6	-12,5	35,3	S	
17	7,26E+00	4,72E-01	3,50E-01	1		SR	40,00	CP	Propio	54000	LX (Digestión - Lixiviación)	HCl	Cl	50WX8		-1,0	-20,2	34,4	S	
18			2,00E+01	2		SR	0,30	CL	Easy View	60000	MO (Microondas)			Sr resin		-2,0	-40,0	34,6	S	
20	5,46E+00	5,90E-01	9,30E-01	1		SR	20,00	CP		1440						-2,0	-40,0	34,6	S	
21	6,43E+00	5,97E-01	7,45E-01	1		SR	7,42	CP	UMS + PROPIO	72000	DT (Digestión Total)	HNO3	Separación radioquímica		Se realizaron 2 alícuotas, pero se tuvo en cuenta una para los resultados.	-1,5	-29,3	34,5	S	
24	7,73E+00	1,71E+00	1,20E+00	2	I	SR		CP	ALFABETA	144000	LX (Digestión - Lixiviación)	HCl+HNO3	Cl	DOWEX 50Wx8		-0,8	-15,1	36,0	S	
25	1,06E+01	2,30E+00	3,41E+00	1	I	SR	3,00	CP	Propio	60000	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	EC	Sr-resin		0,8	16,5	35,9	S	
26	1,64E+01	7,16E-01	1,20E+00	2		SR	10,05	CP	Excel	132000	LX (Digestión - Lixiviación)	Agua Regia	EX	DOWEX AG 1x8, Sr spec		4,0	80,2	34,3	N/S	
28	7,50E+00	1,30E+00	1,10E+00	2	I	SR	12,02	CP	Propio	85500	MO (Microondas)	HNO3+H2O2	II			-0,9	-17,6	35,3	S	
29	3,72E+01	3,20E+00	2,40E+00	1		SR	6,30	CP	HT1000	84000	DT (Digestión Total)	Nitrico	PP			15,4	308,8	34,5	N/S	
31	1,12E+01	2,20E+00	1,80E+00	1	I	SR	10,00	CP	propio	60000	LX (Digestión - Lixiviación)	HCL,HNO3	Cl	DOWEX AG 50W-X8	Problemas en la separación.Se hacen 3 SR. Rendimientos químicos bajos. Se envía el resultado que se valora como mejor. No se ve el Sr-89	1,2	23,1	35,6	S	
33	5,13E+00	3,30E-01	3,90E-01	1		SR	15,08	CP	Propio	60000	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3				-2,2	-43,6	34,4	N/S	
34	9,10E+00	2,20E+00	3,00E+00	1		SR	25,00	CP		14400						0,0	0,0	36,3	S	
35	1,90E+01	3,00E+00	2,00E+00	1		SR	15,00	CP	HT1000	60000	MO (Microondas)	HNO3/HCl (1:1)	intercambio iónico	Dowex		5,4	108,8	35,1	N/S	
36	9,19E+00	1,29E+00	2,10E-01	1		SR	20,05	CP	Propio	60000	LX (Digestión - Lixiviación)	HCl;HNO3	Cl	Dowex AG 1x8	Problemas determinación rendimiento separación	0,0	1,0	34,9	S	
37	9,80E+00	1,90E+00	2,20E+00	1		SR	7,00	CL	Propio	14400	DT (Digestión Total)	HCl+HNO3	Cromatografía	Sr-Spec Eichrom (100- 150 mm)		0,4	7,7	35,6	S	
38	8,90E+00	1,30E+00	1,70E+00	1		SR	10,00	CL	Propio	86400	LX (Digestión - Lixiviación)	agua regia	pp	no aplica		-0,1	-2,2	35,0	S	
39	1,15E+01	1,60E+00	1,65E+00	1		SR	3,01	CP	Berthold Ams+Propio	120000	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	PP			1,3	26,4	34,9	S	

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ²³⁰ Th				NUMERO DE PARTICIPANTES: 11				$\sigma_p=20\%$		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): %MADE/MEDIANA:				0,98 ± 0,55 56,17%	
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA				OBSERVACIONES
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Tipo ataque	Ácidos	Método empleado	Tipo de columna	
3	3,90E+00	8,00E-01	4,00E-01	1		SR	0,29	PIPS	Genie 2000 y programa propio	345600					
5	6,09E-01	1,31E-01	3,56E-02	1	I	SR	5,00	PIPS	Propio	600000	DT (Digestión Total)	HNO3/HCl	Intercambio ionico	AG1X8	
8			4,00E+00			SR	0,27	PIPS	Genie 2000	171769	DT (Digestión Total)	HNO3, HF, HCl	Tributilfosfato (TBP)	Intercambio aniónico	
9			9,70E+01	2	I	SR	12,00	CP	PROPIO	60000	LX (Digestión - Lixiviación)	ACIDO NITRICO 1:1	INTERCAMBIO IONICO	DOWEX 1X8 FORMA CL-	
12	1,12E+00	3,80E-01	5,10E-01	1		SR	5,01	PIPS	Genie+Propio	505349	LX (Digestión - Lixiviación)	Agua Regia (HNO3+3HCl)	PP	UTEVA	Aparición de sales blanquecinas durante la fase de precipitación que dificultaron la separación radioquímica
14			3,70E+00	2	I	SR	1,20	PIPS		250000	DT (Digestión Total)	HF, HCl, HNO3, HClO4	EC	TRU	
24	8,60E-01	3,00E-01	2,10E-01	2	I	SR	2,00	PIPS	ALFASPEC	600000	DT (Digestión Total)	HF+HCl+HNO3	Cl	DOWEX 1x8	
25	5,05E-01	1,20E-01	5,18E-02	1	I	SR	2,00	PIPS	Propio	691200	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	EC	TRU-TEVA	
28	2,29E+00	4,00E-01	6,80E-01	2	S	SR	0,99	PIPS	Propio	579600	MO (Microondas)	HCl+HNO3+H2O2 +HF	PP	DOWEX 1x8	
30			3,80E+00	1		SR	0,27	PIPS	Genie 2000	147000	DT (Digestión Total)	HNO3, HF, HCl	Tributilfosfato (TBP)		
31	9,80E-01	3,00E-01	2,80E-01	1	I	SR	1,20	SiB	propio	600000	MO (Microondas)	HNO3,HCL,H2O2, HF	Cl	DOWEX AG 1-X8	

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ²³⁴ U				NUMERO DE PARTICIPANTES: 16				σ _p =20%						MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): 1,45 ± 0,29 %MADE/MEDIANA: 19,76%					
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA				OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (κ=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	N° det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Tipo ataque	Ácidos	Método empleado	Tipo de columna					
2	1,33E+00	2,29E-01	9,71E-03	1		SR	12,00	PIPS	Propio	172800	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	Intercambio ionico	DOWEX		-0,4	-8,5	21,6	S
3	1,30E+00	4,00E-01	3,00E-01	1		SR	0,29	PIPS	Genie 2000 y programa propio	345600	DT (Digestión Total)	HF: HNO3 : H2O2	TBP			-0,5	-10,6	25,0	S
5	1,43E+00	9,70E-02	1,67E-02	2	I	SR	5,00	PIPS	Propio	600000	DT (Digestión Total)	HNO3/HCl	Intercambio ionico	AG1X8		-0,1	-1,8	20,1	S
6	2,14E+00	3,80E-01	1,05E+00	2	I	SR	0,50	PIPS	Propio	500000	MO (Microondas)	HF + HNO3	EX			2,4	47,2	21,7	N/S
7	2,60E-01	1,00E-02	7,50E-01	1	I	SR	3,00	PIPS	genie2k +excel	432000	DT (Digestión Total)	HNO3	Cl	DowexAG 1x8		-4,1	-82,1	19,9	N/S
8	3,00E+00	1,80E+00	4,00E-01			SR	0,27	PIPS	Genie 2000	146551	DT (Digestión Total)	HNO3, HF, HCl	Tributilfosfato (TBP)			5,3	106,4	35,9	N/S
12	1,48E+00	1,80E-01	9,50E-02	1		SR	5,01	PIPS	Genie+Propio	519668	LX (Digestión - Lixiviación)	Agua Regia (HNO3+3HCl)	PP	NO	Aparición de sales blanquecinas durante la fase de precipitación que dificultaron la separación radioquímica	0,1	1,8	20,7	S
14	1,94E+00	8,40E-01	9,00E-01	2	I	SR	1,20	PIPS		250000	DT (Digestión Total)	HF, HCl, HNO3, HClO4	EC	TRU		1,7	33,4	29,3	S
18	2,76E+00	7,90E-01	6,00E-01	2	I	SR	0,30	PIPS	Maestro	300000	MO (Microondas)			UTEVA		4,5	89,9	24,4	N/S
24	1,40E+00	2,70E-01	1,10E-01	3	I	SR	3,00	PIPS	ALFASPEC	500000	LX (Digestión - Lixiviación)	HCl+HNO3	Cl	DOWEX 1x8		-0,2	-3,7	22,0	S
25	1,30E+00	1,92E-01	6,10E-02	1	I	SR	3,00	PIPS	Propio	604800	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	EC	Dowex Ag 1x8		-0,5	-10,6	21,1	S
27	1,28E+00	1,52E-01	1,77E-02	3	S	SR	10,00	PIPS	Genie+Propio	500000						-0,6	-12,0	20,6	S
28	1,72E+00	3,10E-01	6,20E-01	2	S	SR	0,95	PIPS	Propio	579600	MO (Microondas)	HCl+HNO3+H2O2 +HF	PP	DOWEX 1x8		0,9	18,3	21,7	S
30	2,60E+00	1,80E+00	4,00E-01	1		SR	0,27	PIPS	Genie 2000	171000	DT (Digestión Total)	HNO3, HF, HCl	Tributilfosfato (TBP)			3,9	78,8	39,9	N/S
31	1,61E+00	2,00E-01	1,10E-01	1	I	SR	1,20	SiB	propio	600000	MO (Microondas)	HNO3,HCl,H2O2, HF	Cl	DOWEX AG 1-X8		0,5	10,7	20,7	S
38	1,24E+00	2,20E-01	2,00E-01	1		SR	4,00	PIPS	Genie 2K	250000	LX (Digestión - Lixiviación)	ácido nítrico	EC	UTEVA		-0,7	-14,7	21,7	S

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ²³⁵ U				NUMERO DE PARTICIPANTES: 14			σ _p =20%			MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): %MADE/MEDIANA: 0,056 ± 0,020 36,0%					
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA				OBSERVACIONES	
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Tipo ataque	Ácidos	Método empleado		Tipo de columna
2	5,30E-02	2,89E-02	3,44E-02	1		SR	12,00	PIPS	Propio	172800	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	Intercambio ionico	DOWEX	
5	5,56E-02	1,49E-02	1,41E-02	2	I	SR	5,00	PIPS	Propio	600000	DT (Digestión Total)	HNO3/HCl	Intercambio ionico	AG1X8	
7	1,30E-01	1,00E-02	7,50E-01	1	I	SR	3,00	PIPS	genie2k+excel	432000	DT (Digestión Total)	HNO3	Cl	DowexAG 1x8	
8			1,80E+00			SR	0,27	PIPS	Genie 2000	146551	DT (Digestión Total)	HNO3, HF, HCl	Tributifosfato (TBP)		Aparición de sales blanquecinas durante la fase de precipitación que dificultaron la separación radioquímica
12	8,00E-02	4,00E-02	1,30E-02	1		SR	5,01	PIPS	Genie+Propio	519668	LX (Digestión - Lixiviación)	Agua Regia (HNO3+3HCl)	PP	NO	
14			1,10E+00	2	I	SR	1,20	PIPS		250000	DT (Digestión Total)	HF, HCl, HNO3, HClO4	EC	TRU	
15	1,07E-01	2,90E-02	5,40E-02	1		EG	131,17	BEGe	propio	677134					
18			2,50E-01	2	I	SR	0,30	PIPS	Maestro	300000	MO (Microondas)			UTEVA	
25	5,40E-02	3,60E-02	3,00E-02	1	I	SR	3,00	PIPS	Propio	604800	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	EC	Dowex Ag 1x8	
27	5,56E-02	2,63E-02	1,76E-02	3	S	SR	10,00	PIPS	Genie+Propio	500000					
28			3,10E-01	2	I	SR	0,95	PIPS	Propio	579600	MO (Microondas)	HCl+HNO3+H2O2 +HF	PP	DOWEX 1x8	
30			1,70E+00	1		SR	0,27	PIPS	Genie 2000	171000	DT (Digestión Total)	HNO3, HF, HCl	Tributifosfato (TBP)		
35	7,28E-03	1,40E-04	2,00E-05	3		ICP	0,10	Otros	Element XR	125	MO (Microondas)	HNO3			HR-ICP-MS (Analizador electromagnetico de doble enfoque y sistema de detección que combina SEM con Detector de Faraday)
38			6,00E-02	1		SR	4,00	PIPS	Genie 2K	250000	LX (Digestión - Lixiviación)	ácido nítrico	EC	UTEVA	

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ²³⁸ U				NUMERO DE PARTICIPANTES: 17				σ _p =20%						MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): %MADE/MEDIANA: 1,21 ± 0,17 14,17%					
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA				OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación	
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Tipo ataque	Ácidos	Método empleado						Tipo de columna
2	1,11E+00	1,92E-01	9,71E-03	1		SR	12,00	PIPS	Propio	172800	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	Intercambio ionico	DOWEX		-0,4	-8,6	16,6	S
3	1,00E+00	4,00E-01	0,00E+00	1		SR	0,29	PIPS	Genie 2000 y programa propio	345600	DT (Digestión Total)	HF: HNO3 : H2O2	TBP			-0,9	-17,6	24,5	S
5	1,21E+00	8,56E-02	1,38E-02	2	I	SR	5,00	PIPS	Propio	600000	DT (Digestión Total)	HNO3/HCl	Intercambio ionico	AG1X8		0,0	0,0	14,6	S
6	2,18E+00	4,30E-01	1,45E+00	2	I	SR	0,50	PIPS	Propio	500000	MO (Microondas)	HF + HNO3	EX			4,0	79,6	17,3	N/S
7	1,60E-01	1,00E-02	7,50E-01	1	I	SR	3,00	PIPS	genie2k +excel	432000	DT (Digestión Total)	HNO3	Cl	DowexAG 1x8		-4,3	-86,8	14,5	N/S
8	1,40E+00	1,80E+00	2,00E+00			SR	0,27	PIPS	Genie 2000	146551	DT (Digestión Total)	HNO3, HF, HCl	Tributifosfato (TBP)			0,8	15,3	65,8	S
12	1,20E+00	1,60E-01	8,60E-02	1		SR	5,01	PIPS	Genie+Propio	519668	LX (Digestión - Lixiviación)	Agua Regia (HNO3+3HCl)	PP	NO	Aparición de sales blanquecinas durante la fase de precipitación que dificultaron la separación radioquímica	-0,1	-1,2	15,7	S
14	1,68E+00	7,40E-01	9,00E-01	2	I	SR	1,20	PIPS		250000	DT (Digestión Total)	HF, HCl, HNO3, HClO4	EC	TRU		1,9	38,4	26,2	S
18	3,06E+00	8,20E-01	3,80E-01	2	I	SR	0,30	PIPS	Maestro	300000	MO (Microondas)			UTEVA		7,6	152,1	19,5	N/S
24	1,21E+00	2,40E-01	2,00E-02	3	I	SR	2,00	PIPS	ALFASPEC	500000	LX (Digestión - Lixiviación)	HCl+HNO3	Cl	DOWEX 1x8		0,0	-0,3	17,3	S
25	1,20E+00	1,88E-01	1,80E-02	1	I	SR	3,00	PIPS	Propio	604800	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	EC	Dowex Ag 1x8		-0,1	-1,2	16,2	S
27	1,15E+00	1,42E-01	1,77E-02	3	S	SR	10,00	PIPS	Genie+Propio	500000						-0,3	-5,3	15,5	S
28	1,46E+00	2,80E-01	6,00E-01	2	I	SR	0,95	PIPS	Propio	579600	MO (Microondas)	HCl+HNO3+H2O2 +HF	PP	DOWEX 1x8		1,0	20,3	17,1	S
30	1,30E+00	1,80E+00	2,10E+00	1		SR	0,27	PIPS	Genie 2000	171000	DT (Digestión Total)	HNO3, HF, HCl	Tributifosfato (TBP)			0,4	7,1	70,7	S
31	1,38E+00	1,80E-01	9,00E-02	1	I	SR	1,20	SiB	propio	600000	MO (Microondas)	HNO3,HCL,H2O2, HF	Cl	DOWEX AG 1-X8		0,7	13,7	15,6	S
35	1,20E+00	1,00E-01	3,00E-04	3		ICP	0,10	Otros	Element XR	125	MO (Microondas)	HNO3			HR-ICP-MS (Analizador electromagnetico de doble enfoque y sistema de detección que combina SEM con Detector de Faraday)	-0,1	-1,2	14,8	S
38	1,33E+00	2,10E-01	1,50E-01	1		SR	4,00	PIPS	Genie 2K	250000	LX (Digestión - Lixiviación)	ácido nítrico	EC	UTEVA		0,5	9,6	16,2	S

MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES: 10				$\sigma_p=20\%$		MEDIANA $\pm$ MADE ($\mu\text{g/kg d.m.}$): %MADE/MEDIANA:					105 $\pm$ 15 14,34%				
Determinación: U _{natural}				PARTICIPANTES:		10													
Código Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA				OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación
	Actividad ($\mu\text{g/kg d.m.}$)	U (k=2) ($\mu\text{g/kg d.m.}$)	LID ($\mu\text{g/kg d.m.}$)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Tipo ataque	Ácidos	Método empleado	Tipo de columna					
5	9,76E+01	9,83E+00	1,11E+00	2	I	SR	5,00	PIPS	Propio	600000	DT (Digestión Total)	HNO3	Cl	DowexAG 1x8		-0,4	-7,0	15,2	S
7	1,45E+01	3,08E+00	9,35E+00	1	I	SR	3,00	PIPS	genie2k +excel	432000						-4,3	-86,2	17,9	N/S
8	1,14E+02	1,46E+02	1,62E+02	Otros							LX (Digestión - Lixiviación)	ACIDO NITRICO 1:1	EXTRACCIÓN L-L		0,4	8,6	65,6	S	
9	5,40E+01	7,20E+00	5,40E+00	2	I		8,00								-2,4	-48,6	15,8	N/S	
14	1,36E+02	6,00E+01	1,00E+00	2	I	SR	1,20	PIPS		250000	DT (Digestión Total)	HF, HCl, HNO3, HClO4	EC	TRU		1,5	29,5	26,3	S
15	1,88E+02	5,10E+01	9,50E+01	1		EG	131,17				ICP-MS				4,0	79,0	19,7	N/S	
25	9,37E+01	1,82E+01	6,00E-01	1	I	ICP	0,50		Propio	100						-0,5	-10,8	17,3	S
30	1,09E+02	1,44E+02	1,71E+02	1		Otros										0,2	3,8	67,6	S
31	1,10E+02	1,40E+01	7,00E+00	1	I	Otros										0,2	4,8	15,7	S
35	1,01E+02	2,00E+00	1,00E+00	3		ICP	0,10	Otros	Syngistix	125	MO (Microondas)	HNO3		ICP-MS (Analizador Cuadrupolo y Detector SEM)	-0,2	-3,8	14,4	S	

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ²³⁸ Pu				NUMERO DE PARTICIPANTES: 10							σ _p =20%	ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.) % Incertidumbre: 0,434 ± 0,034 7,8%		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): %MADE/MEDIANA: 0,427 ± 0,093 21,9%					
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA				OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Tipo ataque	Ácidos	Método empleado	Tipo de columna					
2	4,56E-01	1,85E-01	7,92E-02	1		SR	12,00	PIPS	Propio	172800	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	Intercambio ionico	DOWEX		0,3	6,9	29,9	S
5	4,40E-01	4,43E-02	2,45E-02	2	I	SR	5,00	PIPS	Propio		DT (Digestión Total)	HNO3/HCl	Intercambio ionico	AG1X8		0,2	3,1	22,5	S
6	3,77E-01	5,90E-02	1,17E-01	4	I	SR	1,5 - 3	PIPS	Genie 2000	600000	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	Cl	AG 1x8		-0,6	-11,6	23,3	S
7	3,50E-01	9,00E-02	1,40E-01	1	I	SR	3,00	PIPS	genie2k +excel	432000	DT (Digestión Total)	HNO3	Cl	DowexAG 1x8		-0,9	-17,9	25,4	S
12	7,10E-01	8,00E-02	1,20E-02	1		SR	5,01	PIPS	Genie+Propio	1116505	LX (Digestión - Lixiviación)	Agua Regia (HNO3+3HCl)	Cl	AG 1x4		3,3	66,5	22,6	N/S
13	3,13E-01	9,48E-02	8,59E-02	1		SR	1,00	SiB		500000	DT (Digestión Total)	HNO3	Cl	DOWEX AG 1x2		-1,3	-26,6	26,6	S
24	5,52E-01	1,61E-01	1,20E-01	2	I	SR	1,00	PIPS	ALFASPEC	800000	DT (Digestión Total)	HF+HCl+HNO3	Cl	DOWEX 1x8		1,5	29,4	26,3	S
25	4,21E-01	1,30E-01	7,68E-02	1	I	SR	2,00	PIPS	Propio	691200	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	EC	TRU-TEVA		-0,1	-1,3	26,8	S
27	4,32E-01	1,13E-01	5,38E-02	3	S	SR	10,00	PIPS	Genie+Propio	580000						0,1	1,3	25,5	S
38	3,30E-01	1,10E-01	1,00E-01	1		SR	4,00	PIPS	Genie 2K	250000	LX (Digestión - Lixiviación)	ácido nítrico	EC	UTEVA + TRU		-1,1	-22,6	27,5	S

MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES: 11						σ _p =20%	ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.)		0,433 ± 0,034	MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.):				0,43 ± 0,12	
Determinación: ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu				PARTICIPANTES:							% Incertidumbre:		7,85%	%MADE/MEDIANA:				28,83%	
Código Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA				OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación	
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Tipo ataque	Ácidos	Método empleado						Tipo de columna
2	5,10E-01	1,81E-01	5,48E-02	1		SR	12,00	PIPS	Propio	172800	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	Intercambio ionico	DOWEX		1,0	19,4	33,9	S
5	3,79E-01	4,01E-02	1,68E-02	2	I	SR	5,00	PIPS	Propio	600000	DT (Digestión Total)	HNO3/HCl	Intercambio ionico	AG1X8		-0,6	-11,3	29,3	S
6	5,25E-01	6,90E-02	1,28E-01	4	I	SR	1,5 - 3	PIPS	Genie 2000	600000	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	Cl	AG 1x8		1,1	23,0	29,6	S
7	2,20E-01	7,00E-02	1,40E-01	1	I	SR	3,00	PIPS	genie2k +excel	43200	DT (Digestión Total)	HNO3	Cl	DowexAG 1x8		-2,4	-48,5	32,9	N/S
12	6,70E-01	8,00E-02	1,20E-02	1		SR	5,01	PIPS	Genie+Propio	1116505	LX (Digestión - Lixiviación)	Agua Regia (HNO3+3HCl)	Cl	AG 1x4		2,8	56,9	29,4	N/S
13	3,50E-01	9,89E-02	7,91E-02	1		SR	1,00	SiB		500000	DT (Digestión Total)	HNO3	Cl	DOWEX AG 1x2		-0,9	-18,0	32,1	S
24	3,41E-01	1,00E-01	8,70E-02	2	I	SR	1,00	PIPS	ALFASPEC	800000	DT (Digestión Total)	HF+HCl+HNO3	Cl	DOWEX 1x8		-1,0	-20,1	32,3	S
25	4,55E-01	1,30E-01	4,75E-02	1	I	SR	2,00	PIPS	Propio	691200	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	EC	TRU-TEVA		0,3	6,6	32,2	S
27	4,27E-01	1,12E-01	4,09E-02	3	S	SR	10,00	PIPS	Genie+Propio	580000						0,0	0,0	31,7	S
31	2,48E-01	4,30E-02	1,80E-02	1	I	SR	5,40	PIPS	propio	600000	MO (Microondas)	HNO3,HCL,H2O2, HF	EC	UTEVA+DGA		-2,1	-41,9	30,1	N/S
38	4,90E-01	1,20E-01	2,00E-02	1		SR	4,00	PIPS	Genie 2K	250000	LX (Digestión - Lixiviación)	ácido nítrico	EC	UTEVA + TRU		0,7	14,8	31,3	S

MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES: 11						σ _p =20%	ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.)		0,496 ± 0,039	MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): 0,503 ± 0,062							
Determinación: ²⁴¹ Am												% Incertidumbre: 7,86%		%MADE/MEDIANA: 12,25%							
CÓDIGO Laboratório	RESULTADOS			DATOS GENERALES						ESPECTROMETRÍA GAMMA			SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA			OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación	
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Energía (keV)	Eficiencia pico (%)	Suma en coincidencia	Tipo ataque	Método empleado						Tipo de columna
2	5,00E-01	7,88E-02	3,96E-02	1		SR	12,00	PIPS	Propio	172800				LX (Digestión - Lixiviación)	Intercambio ionico	DOWEX		0,0	-0,5	14,6	S
5	4,89E-01	1,39E-01	7,05E-02	1	I	SR	5,00	PIPS	Propio	600000				DT (Digestión Total)	Intercambio ionico	AG1X8/DOWEX		-0,1	-2,8	18,8	S
6	4,52E-01	4,20E-02	1,27E-01	6	I	SR	1,5 - 3	PIPS	Genie 2000	600000				LX (Digestión - Lixiviación)	EC	TRU		-0,5	-10,0	13,1	S
12	1,02E+00	1,80E-01	5,10E-02	1		SR	5,01	PIPS	Genie+Propio	422317				LX (Digestión - Lixiviación)	CI	AG 1x4		5,1	103,0	15,1	N/S
15	5,83E-01	2,00E-02	1,70E-01	1		EG	131,17	BEGe	propio	677134	59,54	0,092	NO					0,8	16,0	12,4	S
17	4,96E-01	4,27E-02	6,61E-03	1		SR	10,00	PIPS	GENIE	1000000				LX (Digestión - Lixiviación)	CI	AG1X8, 50WX8, 1X2		-0,1	-1,3	13,0	S
25	5,35E-01	1,50E-01	8,22E-02	1	I	SR	2,00	PIPS	Propio	777600				LX (Digestión - Lixiviación)	EC	TRU-TEVA-DGA		0,3	6,5	18,6	S
27	5,05E-01	1,12E-01	2,13E-02	3	S	SR	10,00	PIPS	Genie+Propio	240000								0,0	0,5	16,5	S
28			3,42E+00	2		EG	110,30	HpGe	Genie+propio	165600	59,54	9,9	NO								
29	7,40E-01	3,20E-01	3,30E-01	1		EG	90,00	HpGe	Propio	950400	59,54	7,2	NO					2,4	47,3	24,8	N/S
38	4,10E-01	8,00E-02	8,00E-02	2	I	SR	4,00	PIPS	Genie 2K	170000				LX (Digestión - Lixiviación)	EC	UTEVA + TRU		-0,9	-18,4	15,7	S

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ²⁴³⁺²⁴⁴ Cm				NUMERO DE PARTICIPANTES: 6						σ _p =20%					
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							SEPARACIÓN RADIOQUÍMICA				OBSERVACIONES
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Tipo ataque	Ácidos	Método empleado	Tipo de columna	
2	1,89E+00	1,90E-01	7,95E-02	1		SR	12,00	PIPS	Propio	172800	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	Intercambio ionico	DOWEX	
5	1,84E+00	2,57E-01	6,53E-02	1	I	SR	5,00	PIPS	Propio	600000					
6	1,88E+00	9,00E-02	4,00E-02	6	I	SR	1,5 - 3	PIPS	Genie 2000	600000	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	EC	TRU	
17	2,23E+00	1,41E-01	8,62E-03	1		SR	10,00	PIPS	GENIE	1000000	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3+HCl	Cl	AG1X8, 50WX8, 1X2	
25	1,89E+00	4,20E-01	5,70E-02	1	I	SR	2,00	PIPS	Propio	777600	LX (Digestión - Lixiviación)	HNO3	EC	TRU-TEVA-DGA	
38	2,01E+00	1,80E-01	8,00E-02	2	I	SR	4,00	PIPS	Genie 2K	250000	LX (Digestión - Lixiviación)	ácido nítrico	EC	UTEVA + TRU	

MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES:		31		ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.)			8,41 ± 0,66	7,85%	σ _p =15%		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.):			8,63 ± 0,96
Determinación: ⁵⁴ Mn								% Incertidumbre:							%MADE/MEDIANA:			11,09%
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							ESPECTROMETRÍA GAMMA			OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Energía (keV)	Eficiencia pico (%)	Suma en coincidencia					
1	9,50E+00	6,60E-01	1,34E+00	1		EG	60,29	HpGe	GENIE 2000	345600	834.83	1.53	NO		0,7	10,1	11,6	S
2	9,47E+00	1,35E+00	1,85E+00	1		EG	110,00	Ge	Genie 2000	172800	834,83	0,0106	NO		0,6	9,7	13,2	S
3	8,10E+00	1,10E+00	1,40E+00	1		EG	55,20	XiRa	GENIE2000	197477	834.85	2.21E-002	NO		-0,4	-6,1	13,0	S
5	8,40E+00	6,91E-01	6,94E-01	2	I	EG	136,00	XiRa	GammaVision	86400	834.81	0.03494	SI (en la calibración)		-0,2	-2,7	11,8	S
6	8,54E+00	7,70E-01	8,60E-01	10	S	EG	50,00	HpGe	Genie 2000	80000	834.83		SI (en ambas)		-0,1	-1,0	12,0	S
8	9,40E+00	1,30E+00	1,60E+00			EG	25,50	XiRa	Genie 2000	120552	834.8	0.0264	NO		0,6	8,9	13,1	S
10	9,40E+00	1,05E+00	1,58E+00	1		EG	200,00	HpGe	Genie2000	259200	834,85	5,49e-3	NO		0,6	8,9	12,4	S
11	1,02E+01	2,20E+00	3,40E+00	1		EG	173,00	ReGe	Genie	86400	834,8	0,44	NO		1,2	18,2	15,5	S
12	7,60E+00	8,00E-01	1,10E+00	1		EG	9,38	XiRa	Genie+Propio	343929	834.8	0.012	SI (en ambas)		-0,8	-11,9	12,3	S
13	7,91E+00	9,50E-01	1,26E+00	1		EG	194,51	XiRa	Genie-2000	216000	834.80	99.97	NO		-0,6	-8,3	12,6	S
15	9,28E+00	1,09E-01	1,07E-01	1		EG	131,17	BEGe	propio	677134	834,84	0,024	NO		0,5	7,5	11,1	S
17	7,85E+00	6,12E-01	3,86E-01	1		EG	194,00	HpGe	GENIE+Propio	215000	834,8	2,7	SI (en la medida)		-0,6	-9,0	11,8	S
18	9,17E+00	2,82E+00	2,50E+00	2	I	EG	100,00	HpGe	Genie 2000	72000	834,8		NO		0,4	6,3	19,0	S
20	8,74E+00	7,40E-01	2,41E+00	1		EG	24,00	HpGe	spat	172800	1460,8				0,1	1,3	11,9	S
21	7,84E+00	5,19E-01	1,35E+00	3	I	EG	128,94	XiRa	Genie 2000	216000	834,84	0,0148	NO		-0,6	-9,1	11,6	S
22	8,60E+00	1,00E+00	4,00E-01	1		EG	65,30	HpGe	Genie 2000	1216655	834,8	0,0137	NO		0,0	-0,3	12,5	S
24	7,81E+00	1,17E+00	1,08E+00	1	I	EG	63,23	XiRa	GENIE2K	180000	834,83	10,67			-0,6	-9,5	13,4	S
25	9,71E+00	1,82E+00	2,87E+00	1	I	EG	65,50	HpGe	Genie	259200	834,85	0,0268	NO		0,8	12,5	14,5	S
26	1,05E+01	2,27E+00	4,22E+00	1		EG	2,51	HPGe Reverse	Genie 2000	88927	834,83	99,97	NO		1,4	21,7	15,5	S
27	8,60E+00	1,27E+00	1,06E+00	1	S	EG	100,00	BEGe	Genie2K	200000	834.84	0,0191	NO		0,0	-0,3	13,3	S
28	9,72E+00	1,45E+00	2,14E+00	1	I	EG	110,30	HpGe	Genie+propio	165600	834,83	1,35	NO		0,8	12,6	13,4	S
29	8,63E+00	4,00E-01	3,00E-01	1		EG	90,00	HpGe	Propio	950400	834,8	1,4	NO		0,0	0,0	11,3	S
31	8,10E+00	6,70E-01	1,28E+00	1	I	EG	140,00	BEGe	GV 8.1	90000	834,85	2,13E-02	NO		-0,4	-6,1	11,8	S
32	8,78E+00	1,24E+00	9,16E-01	1		EG	120,00	BEGe	Genie	145000	834,83	2,06E-02	NO		0,1	1,7	13,2	S
33	8,25E+00	8,89E-01	2,60E+00	1		EG		HpGe	Genie	60000	834,85				-0,3	-4,5	12,3	S
34	9,60E+00	1,50E+00	7,00E-01	2	I	EG	45,00	HpGe	Genie-propio	4320	835				0,7	11,2	13,6	S
35	8,50E+00	1,20E+00	1,60E+00	1		EG	73,00	ReGe	Genie2K	80400	834,83	1,8	NO		-0,1	-1,5	13,1	S
36	1,01E+01	1,62E+00	2,00E-01	1		EG	81,81	HpGe	Genie + GammaVision	250000	834,85	0,02671	NO		1,1	16,6	13,7	S
37	8,38E+00	9,30E-01	1,05E+00	1	I	EG	196,80	HpGe	Genie 2k	103000	834,8	1,21E-2	NO		-0,2	-2,9	12,4	S
38	8,40E+00	9,00E-01	1,40E+00	1		EG	115,00	ReGe	Genie 2K	250000	834,85	0,0117			-0,2	-2,7	12,3	S
39	9,10E+00	1,30E+00	1,00E+00	1		EG	175,60	HpGe	Gammavision+Propio	429555	834,848	0,011	NO		0,4	5,4	13,2	S

MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES: 33			ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.)				7,07 ± 0,55		σ _p =15%		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.):				7,23 ± 0,80	
Determinación: ⁶⁰ Co							% Incertidumbre:				7,78%				%MADE/MEDIANA:				11,08%	
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						ESPECTROMETRÍA GAMMA			OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación			
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Energía (keV)	Eficiencia pico (%)						Suma en coincidencia		
1	7,71E+00	1,28E+00	2,00E+00	1		EG	60,29	HpGe	GENIE 2000	345600	1332.49	1.00	NO		0,4	6,6	13,8	S		
2	7,83E+00	8,27E-01	1,59E+00	1		EG	110,00	Ge	Genie 2000	172800	1173/1334	0,00808	NO		0,6	8,3	12,3	S		
3	6,20E+00	8,00E-01	1,50E+00	1		EG	55,20	XiRa	GENIE2000	197477	1332.49	1.51E-002	NO		-0,9	-14,2	12,8	S		
5	7,57E+00	6,79E-01	1,04E+00	2	I	EG	136,00	XiRa	GammaVision	86400	1332.5	0.02427	SI (en ambas)		0,3	4,6	11,9	S		
6	6,66E+00	6,20E-01	9,60E-01	10	S	EG	50,00	HpGe	Genie 2000	80000	1173/1332		SI (en ambas)		-0,5	-7,9	12,0	S		
7	8,26E+00	5,70E-01	2,26E+00	1	I	EG	32,00	ReGe	genie2k +excel	350000	1173	1,25	NO		0,9	14,2	11,6	S		
8	6,20E+00	1,40E+00	1,80E+00			EG	25,50	XiRa	Genie 2000	120552	1332.5	0.0175	NO		-0,9	-14,2	15,8	S		
10	7,36E+00	1,36E+00	1,50E+00	1		EG	200,00	HpGe	Genie2000	259200	1173,22	4,15e-03	NO		0,1	1,8	14,4	S		
11	9,40E+00	2,30E+00	3,50E+00	1		EG	173,00	ReGe	Genie	86400	1173,2	0,31	NO		2,0	30,0	16,5	S		
12	6,60E+00	8,00E-01	8,00E-01	1		EG	9,38	XiRa	Genie+Propio	343929	1332	0.0082	SI (en ambas)		-0,6	-8,7	12,6	S		
13	6,16E+00	6,00E-01	1,20E+00	1		EG	194,51	XiRa	Genie-2000	216000	1173.24, 1332.50	99.90, 99.98	SI (en la medida)		-1,0	-14,8	12,1	S		
15	7,54E+00	3,66E-01	1,32E-01	2	S	EG	131,17	BEGe	propio	677134	1173.23+1332,5	0,017	SI (en la medida)		0,3	4,3	11,3	S		
17	7,23E+00	6,23E-01	3,43E-01	1		EG	194,00	HpGe	GENIE+Propio	215000	1332.5	1,8	NO		0,0	0,0	11,9	S		
18	7,34E+00	7,10E-01	2,60E+00	2	I	EG	100,00	HpGe	Genie 2000	72000	1173,2/1332,5		NO		0,1	1,5	12,1	S		
20	7,84E+00	9,20E-01	2,69E+00	1		EG	24,00	HpGe	spat	172800	1332.5				0,6	8,4	12,5	S		
21	6,59E+00	4,21E-01	1,49E+00	3	I	EG	128,94	XiRa	Genie 2000	216000	1173,23 y 1332,49	0,0104 y 0,00932	SI (en ambas)		-0,6	-8,8	11,5	S		
22	6,50E+00	5,00E-01	3,00E-01	1		EG	65,30	HpGe	Genie 2000	1216655	1173.2	0,0102	NO		-0,7	-10,1	11,7	S		
24	6,91E+00	1,04E+00	1,16E+00	1	I	EG	63,23	XiRa	GENIE2K	180000	1173,2 y 1332,5	100 y 100			-0,3	-4,4	13,4	S		
25	7,33E+00	1,44E+00	2,30E+00	1	I	EG	65,50	HpGe	Genie	259200	1332,49	0,0184	NO		0,1	1,4	14,8	S		
26	7,93E+00	2,16E+00	5,39E+00	1		EG	2,51	HPGe Reverse	Genie 2000	88927	1173,22	100,00	NO		0,6	9,7	17,6	S		
27	7,03E+00	8,30E-01	1,35E+00	1	S	EG	100,00	BEGe	Genie2K	200000	1173,23 / 1332,49	0,0142 / 0,0127	SI (en la calibración)		-0,2	-2,8	12,6	S		
28	7,81E+00	8,80E-01	1,84E+00	1	I	EG	110,30	HpGe	Genie+propio	165600	1173,24+1332,5 0	2,1+1,9	NO		0,5	8,0	12,4	S		
29	6,70E+00	3,00E-01	4,00E-01	1		EG	90,00	HpGe	Propio	950400	1173.2	1,1	NO		-0,5	-7,3	11,3	S		
30	5,20E+00	1,80E+00	2,20E+00	1		EG	6,50	HpGe	Genie 2000	155000	1332.5	0.0469	NO		-1,9	-28,1	20,5	S		
31	7,23E+00	6,90E-01	1,71E+00	1	I	EG	140,00	BEGe	GV 8.1	90000	1173,23	1,53E-02	NO		0,0	0,0	12,1	S		
32	6,19E+00	6,07E-01	8,39E-01	1		EG	120,00	BEGe	Genie	145000	1173,22	1,54E-02	NO		-1,0	-14,4	12,1	S		
33	7,28E+00	6,51E-01	2,16E+00	1		EG		HpGe	Genie	60000	1173,23; 1332,49				0,0	0,7	11,9	S		
34	7,00E+00	2,50E+00	1,10E+00	2	I	EG	45,00	HpGe	Genie-propio	4320	1173/1333				-0,2	-3,2	21,0	S		
35	7,30E+00	9,00E-01	1,70E+00	1		EG	73,00	ReGe	Genie2K	80400	1173,22/1332,4 9	1,3/1,1	NO		0,1	1,0	12,7	S		
36	7,63E+00	1,23E+00	3,00E-01	1		EG	81,81	HpGe	Genie + GammaVision	250000	1173,23;1332,4 9	0,02027;0,01 820	NO		0,4	5,5	13,7	S		
37	6,69E+00	1,14E+00	1,21E+00	1	I	EG	196,80	HpGe	Genie 2k	103000	1173,23/1332,5	9,55E-3/8,72E-3	SI (en ambas)		-0,5	-7,5	14,0	S		
38	7,50E+00	8,00E-01	1,50E+00	1		EG	115,00	ReGe	Genie 2K	250000	1173,23	0,0082			0,2	3,7	12,3	S		
39	6,30E+00	1,00E+00	9,20E-01	1		EG	175,60	HpGe	Gammavision+Propio	429555	1332,492	0,007	NO		-0,9	-12,9	13,6	S		

EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN 2023 ENTRE LABORATORIOS DE MEDIDA DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL (Muestras de cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES: 28			ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.)				8,64 ± 0,68	σ _p =15%		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.):				8,0 ± 1,2
Determinación: ⁶⁵ Zn							% Incertidumbre:				7,87%			%MADE/MEDIANA d.m.				15,27%
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							ESPECTROMETRÍA GAMMA			OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Energía (keV)	Eficiencia pico (%)	Suma en coincidencia					
2	9,03E+00	2,28E+00	3,53E+00	1		EG	110,00	Ge	Genie 2000	172800	1115,52	0,00894	NO		0,9	13,2	19,8	S
3	7,50E+00	1,20E+00	2,80E+00	1		EG	55,20	XiRa	GENIE2000	197477	1115.54	1.76E-002	NO		-0,4	-6,0	17,2	S
5	9,15E+00	9,16E-01	1,76E+00	2	I	EG	136,00	XiRa	GammaVision	86400	1115.54	0.02804	SI (en la calibración)		1,0	14,7	16,1	S
6	9,70E+00	1,60E+00	1,97E+00	10	S	EG	50,00	HpGe	Genie 2000	80000	1115		SI (en ambas)		1,4	21,6	17,4	S
8	6,80E+00	2,80E+00	3,70E+00			EG	25,50	XiRa	Genie 2000	120552	1115.6	0.0205	NO		-1,0	-14,8	25,6	S
10	5,71E+00	2,18E+00	3,26E+00	1		EG	200,00	HpGe	Genie2000	259200	115,54	4,53e-03	NO		-1,9	-28,4	24,4	S
12	7,50E+00	9,00E-01	1,50E+00	1		EG	9,38	XiRa	Genie+Propio	343929	1115.5	0.0094	SI (en ambas)		-0,4	-6,0	16,4	S
13	7,46E+00	1,68E+00	2,53E+00	1		EG	194,51	XiRa	Genie-2000	216000	1115.55	50.70	SI (en la medida)		-0,4	-6,5	19,0	S
15	8,96E+00	3,91E-01	3,22E-01	1		EG	131,17	BEGe	propio	677134	1115,54	0,019	NO		0,8	12,3	15,4	S
18	8,24E+00	1,49E+00	6,40E+00	2	I	EG	100,00	HpGe	Genie 2000	72000	1115,5		NO		0,2	3,3	17,7	S
20	5,40E+00	7,30E-01	3,64E+00	1		EG	24,00	HpGe	spat	172800	1115,5				-2,2	-32,3	16,7	N/S
21	6,96E+00	1,49E+00	4,56E+00	3	I	EG	128,94	XiRa	Genie 2000	216000	1115,54	0,0117	NO		-0,8	-12,7	18,7	S
22	8,30E+00	9,00E-01	8,00E-01	1		EG	65,30	HpGe	Genie 2000	1216655	1115,5	0,0106	NO		0,3	4,0	16,2	S
24	7,97E+00	1,19E+00	2,12E+00	1	I	EG	63,23	XiRa	GENIE2K	180000	1115,5	50,75			0,0	-0,1	17,0	S
25	8,50E+00	1,30E+00	2,87E+00	1	I	EG	65,50	HpGe	Genie	259200	1115,54	0,00899	NO		0,4	6,5	17,1	S
26	1,08E+01	2,32E+00	9,09E+00	1		EG	2,51	HPGe Reverse	Genie 2000	88927	1115,52	50,75	NO		2,4	35,3	18,7	N/S
27	7,78E+00	1,37E+00	2,83E+00	1	S	EG	100,00	BEGe	Genie2K	200000	1115,54	0,0148	NO		-0,2	-2,5	17,6	S
28	7,99E+00	1,77E+00	4,33E+00	1	I	EG	110,30	HpGe	Genie+propio	165600	1115,55	1,04	NO		0,0	0,1	18,9	S
29	7,86E+00	9,00E-01	9,00E-01	1		EG	90,00	HpGe	Propio	950400	1115	1,1	NO		-0,1	-1,5	16,3	S
30	5,80E+00	3,10E+00	4,50E+00	1		EG	6,50	HpGe	Genie 2000	155000	1115.6	0.0562	NO		-1,8	-27,3	30,8	S
31	9,70E+00	1,62E+00	4,17E+00	1	I	EG	140,00	BEGe	GV 8.1	90000	1115,54	1,61E-02	NO		1,4	21,6	17,4	S
32	6,42E+00	1,68E+00	2,50E+00	1		EG	120,00	BEGe	Genie	145000	1115,52	1.61E-02	NO		-1,3	-19,5	20,1	S
33	8,64E+00	2,09E+00	6,58E+00	1		EG		HpGe	Genie	60000	1115,54				0,6	8,3	19,5	S
34	8,00E+00	2,40E+00	1,60E+00	2	I	EG	45,00	HpGe	Genie-propio	4320	1115				0,0	0,3	21,4	S
36	1,08E+01	2,06E+00	5,30E-01	1		EG	81,81	HpGe	Genie + GammaVision	250000	1115,54	0,02114	NO		2,4	35,3	18,0	N/S
37	7,83E+00	1,27E+00	2,68E+00	1	I	EG	196,80	HpGe	Genie 2k	103000	1115,5	9,89E-3	NO		-0,1	-1,9	17,3	S
38	7,40E+00	1,10E+00	3,40E+00	1		EG	115,00	ReGe	Genie 2K	250000	1115,54	0,0086			-0,5	-7,3	17,0	S
39	9,90E+00	1,60E+00	2,57E+00	1		EG	175,60	HpGe	Gammavision+Propio	429555	1115,539	0,009	NO		1,6	24,1	17,3	S

EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN 2023 ENTRE LABORATORIOS DE MEDIDA DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL (Muestras de cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ^{110m} Ag				NUMERO DE PARTICIPANTES: 26		ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.) % Incertidumbre:				4,65 ± 0,36 7,74%	σ _p =15%		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): %MADE/MEDIANA: 4,15 ± 0,62 15,03%					
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						ESPECTROMETRÍA GAMMA			OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación	
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Energía (keV)	Eficiencia pico (%)						Suma en coincidencia
2	4,09E+00	4,78E-01	1,14E+00	1		EG	110,00	Ge	Genie 2000	172800	657,76	0,01268	NO		-0,1	-1,3	16,1	S
3	3,40E+00	8,00E-01	1,20E+00	1		EG	55,20	XiRa	GENIE2000	197477	657,76	2.68E-002	NO		-1,2	-18,0	19,1	S
5	4,51E+00	4,38E-01	1,43E+00	2	I	EG	136,00	XiRa	GammaVision	86400	657,76	0.04161	SI (en ambas)		0,6	8,9	15,8	S
6	4,74E+00	6,90E-01	7,80E-01	10	S	EG	50,00	HpGe	Genie 2000	80000	1173/1332		SI (en ambas)		1,0	14,4	16,7	S
10	3,85E+00	8,65E-01	1,33E+00	1		EG	200,00	HpGe	Genie2000	259200	657,76	6,49e-3	NO		-0,5	-7,1	18,8	S
11	5,50E+00	2,30E+00	1,90E+00	1		EG	173,00	ReGe	Genie + propio	86400	884,7	0,41	NO		2,2	32,7	25,7	N/S
12	4,10E+00	1,10E+00	6,00E-01	1		EG	9,38	XiRa	Genie+Propio	343929	657.5	0.014	SI (en ambas)		-0,1	-1,1	20,1	S
13	3,66E+00	4,90E-01	9,30E-01	1		EG	194,51	XiRa	Genie-2000	216000	657.76, 884.68, 937.49, 1384.30, 1505.04	94.60, 72.70, 34.36, 24.28, 13.04	SI (en la medida)		-0,8	-11,7	16,5	S
15	3,67E+00	1,15E-01	8,70E-02	2	I	EG	131,17	BEGe	propio	677134	657,76+1385,29	0,029	NO		-0,8	-11,5	15,1	S
17	4,21E+00	8,67E-01	5,38E-01	1		EG	194,00	HpGe	GENIE+Propio	215000	884,6	2,5	NO		0,1	1,6	18,2	S
18	4,61E+00	3,10E-01	1,50E+00	2	I	EG	100,00	HpGe	Genie 2000	72000	657,8		NO		0,7	11,2	15,4	S
22	3,30E+00	3,00E-01	3,00E-01	1		EG	65,30	HpGe	Genie 2000	1216655	657,7	0,0169	NO		-1,4	-20,4	15,7	S
24	3,48E+00	5,20E-01	6,50E-01	1	I	EG	63,23	XiRa	GENIE2K	180000	657,76 y 884,68	95,6 y 75			-1,1	-16,0	16,8	S
25	3,82E+00	1,10E+00	1,75E+00	1	I	EG	65,50	HpGe	Genie	259200	884,68	0,0255	NO		-0,5	-7,8	20,8	S
27	4,53E+00	7,17E-01	1,44E+00	1	S	EG	100,00	BEGe	Genie2K	200000	657,79 / 706,68 / 763,94 / 884,68 / 937.48 /							

EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN 2023 ENTRE LABORATORIOS DE MEDIDA DE RADIOACTIVIDAD AMBIENTAL (Muestras de cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ¹³⁴ Cs				NUMERO DE PARTICIPANTES: 32		ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.) % Incertidumbre:				8,06 ± 0,63 7,82%		σ _p =15%		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): %MADE/MEDIANA: 7,7 ± 1,0 13,46%				
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						ESPECTROMETRÍA GAMMA			OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación	
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I, S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Energía (keV)	Eficiencia pico (%)						Suma en coincidencia
1	6,53E+00	5,10E-01	1,07E+00	1		EG	60,29	HpGe	GENIE 2000	345600	604.70	2.03	NO		-1,0	-14,8	14,0	S
2	7,83E+00	4,19E-01	6,24E-01	1		EG	110,00	Ge	Genie 2000	172800	795,86	0,01095	NO		0,1	2,2	13,7	S
3	6,50E+00	8,00E-01	1,10E+00	1		EG	55,20	XiRa	GENIE2000	197477	604.69	2.88E-002	NO		-1,0	-15,1	14,8	S
5	8,20E+00	6,46E-01	9,00E-01	2	I	EG	136,00	XiRa	GammaVision	86400	604.72	0.044	SI (en ambas)		0,5	7,0	14,0	S
6	7,70E+00	1,00E+00	5,90E-01	10	S	EG	50,00	HpGe	Genie 2000	80000	605		SI (en ambas)		0,0	0,5	14,9	S
7	7,51E+00	1,30E-01	1,30E+00	1	I	EG	32,00	ReGe	genie2k +excel	350000	604	2,74	NO		-0,1	-2,0	13,5	S
8	6,10E+00	1,20E+00	1,80E+00			EG	25,10	XiRa	Genie 2000	120552	795.8	0.0275	NO		-1,4	-20,4	16,7	S
10	8,71E+00	5,80E-01	8,24E-01	1		EG	200,00	HpGe	Genie2000	259200	604,57	6,86e-03	NO		0,9	13,7	13,9	S
11	9,10E+00	9,00E-01	1,80E+00	1		EG	173,00	ReGe	Genie	86400	604,7	0,62	NO		1,3	18,8	14,3	S
12	7,20E+00	1,00E+00	6,00E-01	1		EG	9,38	XiRa	Genie+Propio	343929	604.7	0.015	SI (en ambas)		-0,4	-6,0	15,1	S
13	6,84E+00	5,60E-01	9,50E-01	1		EG	194,51	XiRa	Genie-2000	216000	563.23, 569.32, 604.70, 795.84	8.38, 15.43, 97.60, 85.40	SI (en la medida)		-0,7	-10,7	14,1	S
15	8,50E+00	1,40E-01	8,79E-02	2	I	EG	131,17	BEGe	propio	677134	604,72+795,86	0,032	SI (en la medida)		0,7	11,0	13,5	S
17	6,64E+00	6,33E-01	4,00E-01	1		EG	194,00	HpGe	GENIE+Propio	215000	794,8	2,8	SI (en la medida)		-0,9	-13,3	14,3	S
18	8,39E+00	3,80E-01	1,10E+00	1	I	EG	100,00	HpGe	Genie 2000	72000	604,7/795,8		SI (en la calibración)		0,6	9,5	13,6	S
21	6,68E+00	2,48E-01	7,52E-01	3	I	EG	128,94	XiRa	Genie 2000	216000	604,69 y 795,84	0,021 y 0,016	SI (en ambas)		-0,8	-12,7	13,6	S
22	6,70E+00	6,00E-01	2,00E-01	1		EG	65,30	HpGe	Genie 2000	1216655	604,7	0,0183	NO		-0,8	-12,5	14,2	S
24	5,77E+00	8,70E-01	5,60E-01	1	I	EG	63,23	XiRa	GENIE2K	180000	604,7 y 795,8	97,6 y 85,4			-1,6	-24,7	15,4	S
25	7,67E+00	1,59E+00	2,45E+00	1	I	EG	65,50	HpGe	Genie	259200	795,86	0,028	NO		0,0	0,1	17,0	S
26	7,78E+00	8,39E-01	2,30E+00	1		EG	2,51	HPGe Reverse	Genie 2000	88927	604,70	97,60	NO		0,1	1,6	14,5	S
27	7,65E+00	1,03E+00	9,24E-01	1	S	EG	100,00	BEGe	Genie2K	200000	604,72 / 795,86	0,0434 / 0,0320	SI (en la medida)		0,0	-0,1	15,0	S
28	8,25E+00	5,90E-01	1,63E+00	1	I	EG	110,30	HpGe	Genie+propio	165600	604,72+795,86	1,1	NO		0,5	7,7	13,9	S
29	7,13E+00	2,00E-01	2,40E-01	1		EG	90,00	HpGe	Propio	950400	604,7	2	NO		-0,5	-6,9	13,5	S
30	5,10E+00	8,00E-01	1,30E+00	1		EG	6,50	HpGe	Genie 2000	155000	604	0.1051	NO		-2,2	-33,4	15,6	N/S
31	7,74E+00	5,40E-01	1,57E+00	1	I	EG	140,00	BEGe	GV 8.1	90000	604,72	2,91E-02	SI (en la medida)		0,1	1,0	13,9	S
32	6,85E+00	9,43E-01	4,16E-01	1		EG	120,00	BEGe	Genie	145000	604,7	2,76E-02	SI (en la calibración)		-0,7	-10,6	15,1	S
33	7,91E+00	4,13E-01	1,93E+00	1		EG		HpGe	Genie	60000	604,72; 795,86				0,2	3,2	13,7	S
34	8,20E+00	1,70E+00	8,00E-01	2	I	EG	45,00	HpGe	Genie-propio	4320	604/795		SI (en la medida)		0,5	7,0	17,0	S
35	7,00E+00	5,00E-01	9,00E-01	1		EG	73,00	ReGe	Genie2K	80400	604,7/795,8	2,5/1,9	NO		-0,6	-8,6	13,9	S
36	9,51E+00	1,48E+00	1,50E-01	1		EG	81,81	HpGe	Genie + GammaVision	250000	604,72;795,86	0,03416;0,02773	SI (en la medida)		1,6	24,2	15,5	S
37	7,77E+00	1,17E+00	8,00E-01	1	I	EG	196,80	HpGe	Genie 2k	103000	569,33/604,7/795,8	(1,59/1,52/1,25)E-2	SI (en la medida)		0,1	1,4	15,4	S
38	8,50E+00	4,00E-01	4,00E-01	1		EG	115,00	ReGe	Genie 2K	250000	604,72	0,0162	SI (en la medida)		0,7	11,0	13,7	S
39	7,10E+00	7,00E-01	8,60E-01	1		EG	175,60	HpGe	Gammavision+ Propio	429555	795,86	0,011	NO		-0,5	-7,3	14,3	S

MATRIZ: Cenizas de alimentos Determinación: ¹³⁷ Cs				NUMERO DE PARTICIPANTES: 33		ACTIVIDAD AÑADIDA ±U (k=2) (Bq/kg d.m.) % Incertidumbre:				5,80 ± 0,45 7,76%	σ _p =15%		MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.): 6,48 ± 0,71 %MADe/MEDIANA: 10,99%					
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						ESPECTROMETRÍA GAMMA			OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación	
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	Energía (keV)	Eficiencia pico (%)						Suma en coincidencia
1	9,25E+00	1,27E+00	1,98E+00	1		EG	60,29	HpGe	GENIE 2000	345600	661.65	1.88	NO		2,8	42,7	13,0	N/S
2	6,87E+00	7,24E-01	1,14E+00	1		EG	110,00	Ge	Genie 2000	172800	661,65	0,01263	NO		0,4	6,0	12,2	S
3	5,90E+00	9,00E-01	1,40E+00	1		EG	55,20	XiRa	GENIE2000	197477	661.65	2.67E-002	NO		-0,6	-9,0	13,4	S
5	6,67E+00	5,46E-01	6,08E-01	2	I	EG	136,00	XiRa	GammaVision	86400	661.6	0.0414	SI (en la calibración)		0,2	2,9	11,7	S
6	6,48E+00	3,20E-01	5,30E-01	10	S	EG	50,00	HpGe	Genie 2000	80000	661		SI (en ambas)		0,0	0,0	11,3	S
7	5,12E+00	4,50E-01	1,52E+00	1	I	EG	32,00	ReGe	genie2k +excel	350000	661	2,27	NO		-1,4	-21,0	11,8	S
8	6,00E+00	1,20E+00	1,70E+00			EG	25,10	XiRa	Genie 2000	120552	661.8	0.0323	NO		-0,5	-7,4	14,9	S
10	7,38E+00	6,42E-01	9,70E-01	1		EG	200,00	HpGe	Genie2000	259200	661,6	6,46e-03	NO		0,9	13,9	11,8	S
11	8,50E+00	9,00E-01	2,30E+00	1		EG	173,00	ReGe	Genie	86400	661,6	0,56	NO		2,1	31,2	12,2	N/S
12	6,00E+00	7,00E-01	9,00E-01	1		EG	9,38	XiRa	Genie+Propio	343929	661.6	0.014	SI (en ambas)		-0,5	-7,4	12,4	S
13	6,31E+00	7,50E-01	5,80E-01	1		EG	194,51	XiRa	Genie-2000	216000	661.66	85.12	NO		-0,2	-2,6	12,5	S
15	7,07E+00	1,69E-01	8,53E-02	1		EG	131,17	BEGe	propio	677134	661,66	0,029	NO		0,6	9,1	11,0	S
17	5,72E+00	3,77E-01	3,86E-01	1		EG	194,00	HpGe	GENIE+Propio	215000	661,7	3,3	SI (en la medida)		-0,8	-11,7	11,5	S
18	6,48E+00	7,90E-01	1,80E+00	2	I	EG	100,00	HpGe	Genie 2000	72000	661,7		NO		0,0	0,0	12,6	S
20	6,45E+00	6,50E-01	2,18E+00	1		EG	24,00	HpGe	spat	172800	661,6				0,0	-0,5	12,1	S
21	5,60E+00	6,70E-01	1,01E+00	3	I	EG	128,94	XiRa	Genie 2000	216000	661,6	0,0184	NO		-0,9	-13,6	12,5	S
22	5,90E+00	7,00E-01	2,00E-01	1		EG	65,30	HpGe	Genie 2000	1216655	661,6	0,0168	NO		-0,6	-9,0	12,5	S
24	5,63E+00	8,50E-01	8,70E-01	1	I	EG	63,23	XiRa	GENIE2K	180000	661,7	85,1			-0,9	-13,1	13,3	S
25	6,78E+00	1,18E+00	2,44E+00	1	I	EG	65,50	HPGe	Genie	259200	661,66	0,0331	NO		0,3	4,6	14,0	S
26	6,97E+00	1,17E+00	3,07E+00	1		EG	2,51	HPGe Reverse	Genie 2000	88927	661,65	85,12	NO		0,5	7,6	13,8	S
27	6,46E+00	9,18E-01	9,91E-01	1	S	EG	100,00	BEGe	Genie2K	200000	661,66	0,0237	NO		0,0	-0,3	13,1	S
28	6,56E+00	2,02E+00	1,27E+00	1	I	EG	110,30	HpGe	Genie+propio	165600	661,66	3,4	NO		0,1	1,2	18,9	S
29	6,33E+00	3,00E-01	2,10E-01	1		EG	90,00	HpGe	Propio	950400	661,65	1,8	NO		-0,2	-2,3	11,2	S
30	6,20E+00	1,00E+00	1,70E+00	1		EG	6,50	HpGe	Genie 2000	155000	661.8	0.0958	NO		-0,3	-4,3	13,6	S
31	6,85E+00	5,30E-01	8,50E-01	1	I	EG	140,00	BEGe	GV 8.1	90000	661,66	2,67E-02	NO		0,4	5,7	11,6	S
32	3,96E+00	6,90E-01	7,57E-01	1		EG	120,00	BEGe	Genie	145000	661,65	2,54E-02	NO		-2,6	-38,9	14,0	N/S
33	7,86E+00	5,48E-01	2,19E+00	1		EG		HpGe	Genie	60000	661,66				1,4	21,3	11,5	S
34	6,00E+00	1,70E+00	8,00E-01	2	I	EG	45,00	HpGe	Genie-propio	4320	661				-0,5	-7,4	17,9	S
35	6,50E+00	7,00E-01	1,10E+00	1		EG	73,00	ReGe	Genie2K	80400	661,65	2,3	NO		0,0	0,3	12,2	S
36	7,52E+00	1,19E+00	1,90E-01	1		EG	81,81	HpGe	Genie + GammaVision	250000	661,66	0,03194	NO		1,1	16,0	13,5	S
37	6,49E+00	6,10E-01	7,70E-01	1	I	EG	196,80	HpGe	Genie 2k	103000	661,7	1,43E-2	NO		0,0	0,2	11,9	S
38	6,30E+00	3,00E-01	8,00E-01	1		EG	115,00	ReGe	Genie 2K	250000	661,66	0,0148			-0,2	-2,8	11,2	S
39	6,50E+00	6,00E-01	7,50E-01	1		EG	175,60	HpGe	Gammavision+Propio	429555	661,657	0,014	NO		0,0	0,3	11,9	S

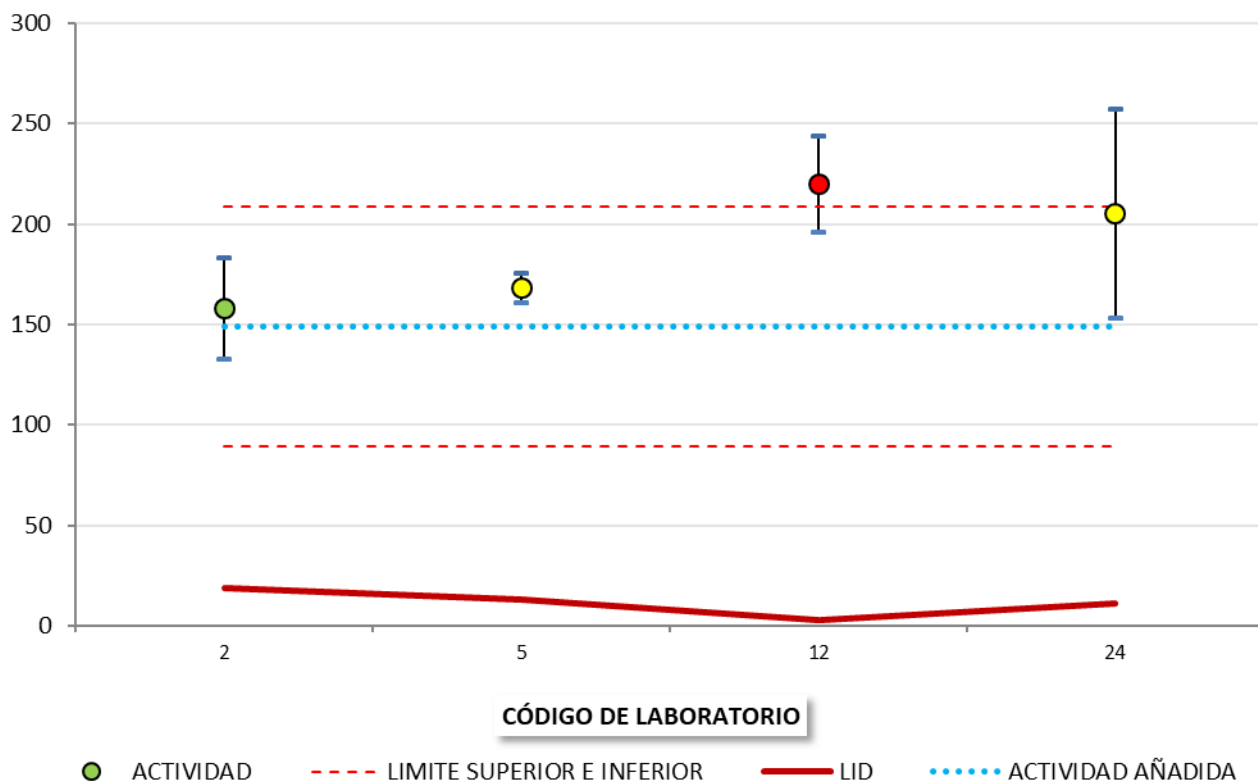
MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES: 23							$\sigma_p=30\%$	MEDIANA $\pm$ MADE (Bq/kg d.m.): 55 $\pm$ 56				
Determinación: α_T												%MADE/MEDIANA: 103%				
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							Días entre análisis y medida	OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)						
1	5,56E+02	9,67E+01	6,21E+01	1		Otros	0,10	CP	UMS	36000	2		30,6	916,7	103,6	N/S
2	1,04E+02	5,57E+01	7,57E+01	1		Otros	0,06	CP	Propio	36000	3		3,0	90,3	106,7	N/S
5			1,08E+02	3	I	Otros	0,06	CP	Propio	60000	5					
6	2,70E+02	6,71E+01	1,17E+02	2	I	Otros	0,05	CP		6000			13,1	394,1	104,0	N/S
7	1,89E+02	4,23E+01	5,51E+01	1	I	Otros	0,08	CP	apexAB+excel	86400	1		8,2	245,9	103,9	N/S
9			9,80E+01	2	I	Otros	0,15	CP	PROPIO	60000						
10			2,00E+01	2		Otros	0,50	CP	Propio	18000	1					
12	5,43E+01	6,80E+00	1,29E+01	1		SR	2,38	CL	Easyview + propio	18000	4		0,0	-0,6	103,4	S
15	1,40E+01	2,90E+01	1,08E+02	3	I	Otros	0,02	CP	Propio	172800	0		-2,5	-74,4	146,2	N/S
18	1,62E+01	3,40E+00	1,10E+01	2	I	Otros	0,05	CS	Propio	120000	2		-2,3	-70,4	103,8	N/S
20			3,02E+01	1			0,08	CP		1440						
21	2,45E+01	2,04E+01	4,27E+01	1		Otros	0,10	CP	UMS + PROPIO	216000	2	Se realizaron 3 alícuotas con tiempos de medida entre 72000 y 216000 s, pero los resultados siempre fueron menores que la a AMD	-1,8	-55,2	111,4	S
22			2,00E+01	1		Otros	0,25	CP	Propio (Excel)	240000	2					
25	7,04E+01	3,10E+01	4,48E+01	1	I	Otros	0,07	CP	Propio	180000	2		1,0	28,8	105,6	S
26	7,71E+01	2,77E+01	4,65E+01	2		Otros	2,51	CP	Excel	108000			1,4	41,1	104,8	S
27	5,50E+01	2,54E+01	3,29E+01	2	S		0,10	CP	PROPIO	86400			0,0	0,6	105,8	S
28			9,60E+01	2	I	Otros	0,20	CP	Propio	85500	7					
29	1,50E+01	1,00E+01	1,30E+01	1		Otros	0,05	CS	Propio	84000	9		-2,4	-72,6	108,5	N/S
31	2,69E+01	7,14E+00	8,58E+00	3	S	Otros	0,05	CS	propio	180000	3		-1,7	-50,8	104,1	S
34			5,00E+01	2		Otros	0,04	CP	Propio	86400	50					
35			3,40E+01	1		Otros	0,05	CS		60000	17					
36	1,70E+01	7,00E+00	7,20E+00	1		Otros	0,10	CP	Propio	360000	69		-2,3	-68,9	105,3	N/S
39			4,13E+01	5		Otros		CP	Berthold Ams+Propio	60000	0					

MATRIZ: Cenizas de alimentos				NUMERO DE PARTICIPANTES: 27						σ _p =20%	MEDIANA ± MADE (Bq/kg d.m.):				4.700 ± 297	
Determinación: β _T											%MADE/MEDIANA:				6,31%	
Código Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES						Días entre análisis y medida	OBSERVACIONES	z-score	%SR	P	Evaluación	
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alicuota (g)	Detector	Programa análisis							Tiempo de medida (s)
1	4,61E+03	8,04E+01	2,92E+01	1		Otros	0,10	CP	UMS	36000	2		-0,1	-1,9	6,4	S
2	4,77E+03	1,80E+02	1,39E+02	1		Otros	0,06	CP	Propio	36000	3		0,1	1,6	6,6	S
5	4,67E+03	1,46E+02	2,41E+01	3	I	Otros	0,20	CP	Propio	60000	5		0,0	-0,7	6,5	S
6	4,14E+03	2,20E+02	2,47E+01	2	I	Otros	0,15	CP		6000			-0,6	-11,9	6,8	S
7	4,34E+03	6,00E+01	2,75E+01	1	I	Otros	0,14	CP	apexAB+excel	86400	1		-0,4	-7,7	6,3	S
9	4,95E+03	1,30E+02	7,57E+02	2	I	Otros	0,15	CP	PROPIO	60000			0,3	5,4	6,4	S
10	4,75E+03	7,84E+01	1,29E+02	1		Otros	0,50	CP	Propio	18000	1		0,0	1,0	6,4	S
12	4,22E+03	1,10E+02	6,00E+01	1		SR	2,38	CL	Easyview + propio	18000	4		-0,5	-10,2	6,4	S
15	4,74E+03	2,45E+02	1,41E+02	3	I	Otros	0,02	CP	Propio	172800	0		0,0	0,9	6,8	S
17	4,69E+03	3,57E+02	8,72E+01	1		Otros	0,04	CP	Propio	210000	2		0,0	-0,2	7,4	S
18	5,19E+03	4,25E+02	7,20E+01	2	I	Otros	0,05	CP	Propio	120000	2		0,5	10,5	7,5	S
19	4,55E+03	3,18E+02	1,08E+02	5	S	Otros	0,10	CP		30000	0	Se realizó el recuento de la muestra el mismo día de su preparación.	-0,2	-3,2	7,2	S
20	3,31E+03	2,44E+02	3,70E+02	1			0,08	CP		1440		Se realizaron 3 alicuotas con tiempos de medida entre 72000 y 216000 s. Se da el resultado del mayor tiempo de medida, al igual que para alfa total.	-1,5	-29,7	7,3	D
21	5,17E+03	3,53E+01	1,98E+01	1		Otros	0,25	CP	UMS + PROPIO	216000	2		0,5	9,9	6,3	S
22	4,60E+03	9,00E+01	1,00E+01	1		Otros	0,25	CP	Propio (Excel)	240000	2		-0,1	-2,1	6,4	S
25	5,18E+03	2,40E+02	1,53E+02	1	I	Otros	0,07	CP	Propio	18000	2		0,5	10,2	6,7	S
26	4,70E+03	6,51E+01	3,81E+01	2		Otros	2,51	CP	Excel	108000			0,0	0,0	6,3	S
27	4,57E+03	5,03E+02	2,19E+01	3	S		0,20	CP	PROPIO	86400			-0,1	-2,8	8,4	S
28	5,30E+03	3,53E+02	3,70E+01	2	I	Otros	0,20	CP	Propio	85500	7		0,6	12,7	7,1	S
29	4,54E+03	3,45E+02	2,00E+01	1		Otros	0,05	CP	UMS	84000	7		-0,2	-3,5	7,4	S
31	5,08E+03	1,49E+02	4,70E+01	3	I	Otros	0,20	CP	propio	60000	2		0,4	8,1	6,5	S
32	5,25E+03	4,60E+01	1,70E+01	1		Otros	0,20	CP	Excel	180000	2		0,6	11,7	6,3	S
33	4,98E+00	2,74E-01	1,37E-01	1		Otros	0,50	CP	Propio	60000			-5,0	-99,9	6,9	N/S
34	4,90E+03	2,50E+02	6,60E+01	2	I	Otros	0,04	CP	Propio	86400	50		0,2	4,3	6,8	S
35	4,70E+03	1,39E+02	5,70E+01	1		Otros	0,10	CP	HT1000	60000	17		0,0	0,0	6,5	S
36	4,86E+03	1,69E+02	1,70E+01	1		Otros	0,10	CP	Propio	360000	69		0,2	3,3	6,5	S
39	4,00E+03	1,70E+02	3,24E+01	5	I	Otros	0,15	CP	Berthold Ams+Propio	60000	0		-0,7	-14,9	6,7	S

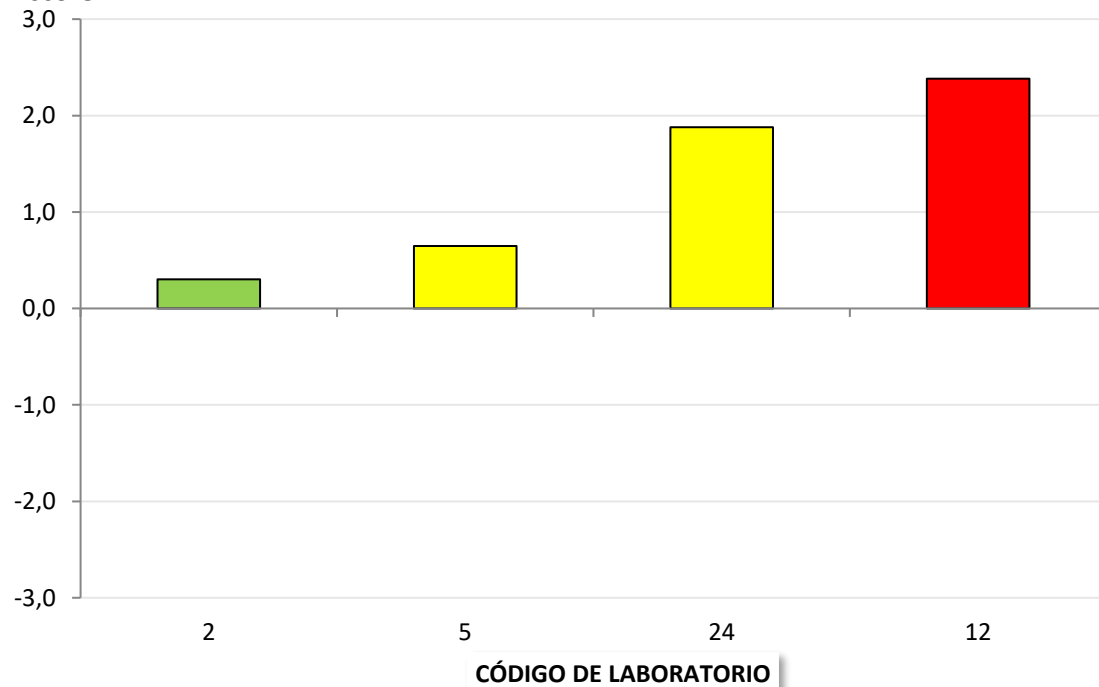
ANEXO IV. GRÁFICAS DE RESULTADOS Y DE EVALUACIÓN DE LOS VALORES INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 3 MESES (CENIZAS DE ALIMENTOS)

^{55}Fe (Cenizas alimentos)

ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)

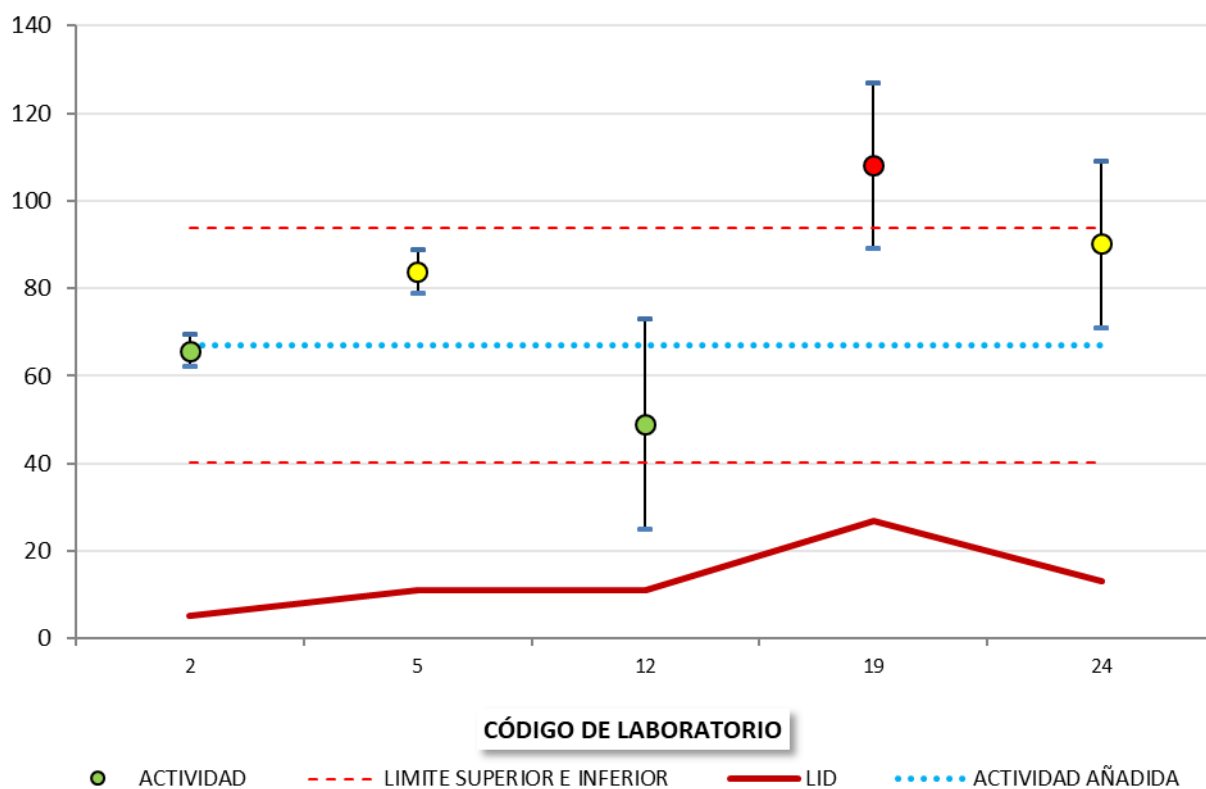


z-score

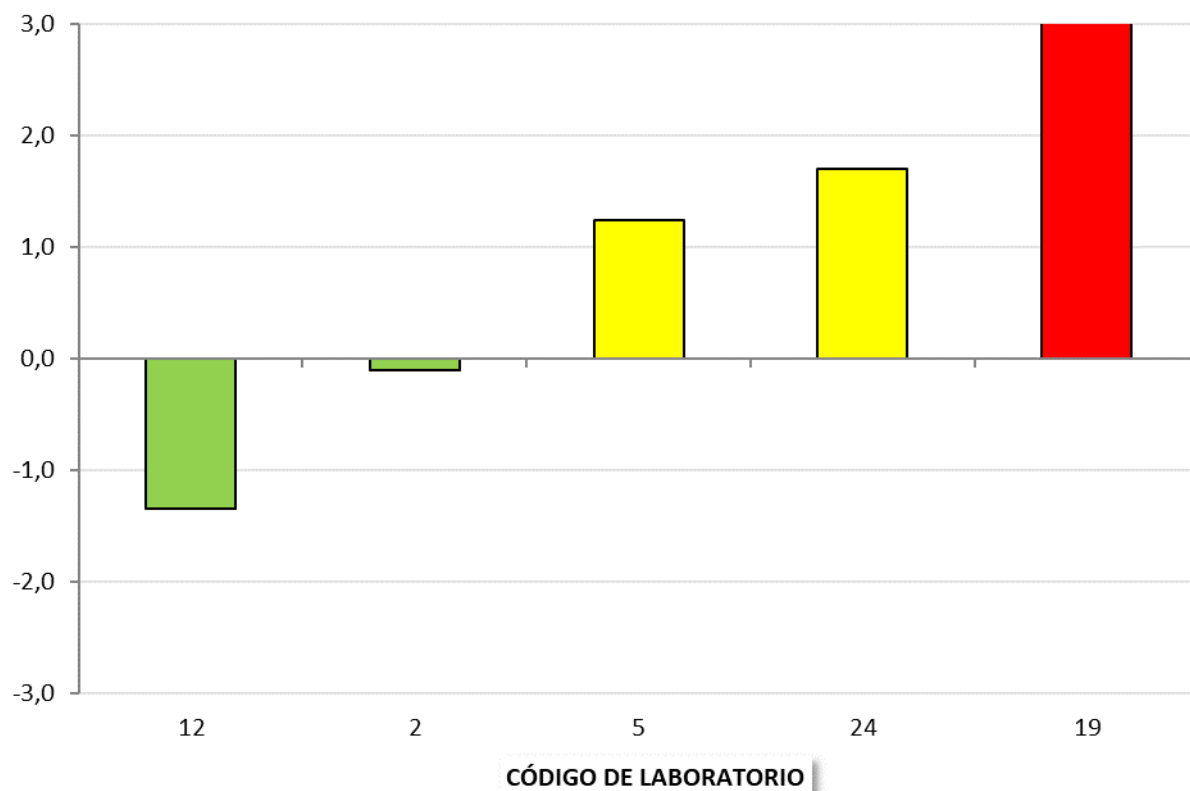


^{63}Ni (Cenizas alimentos)

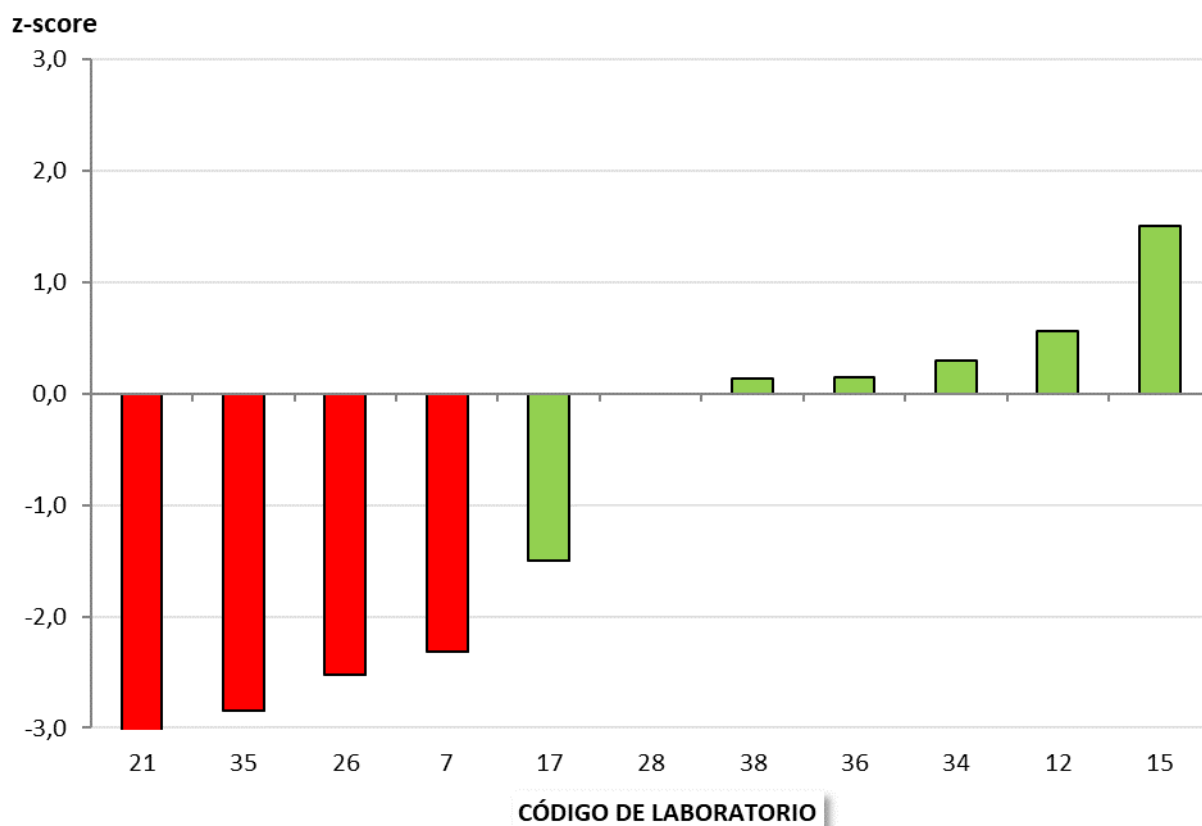
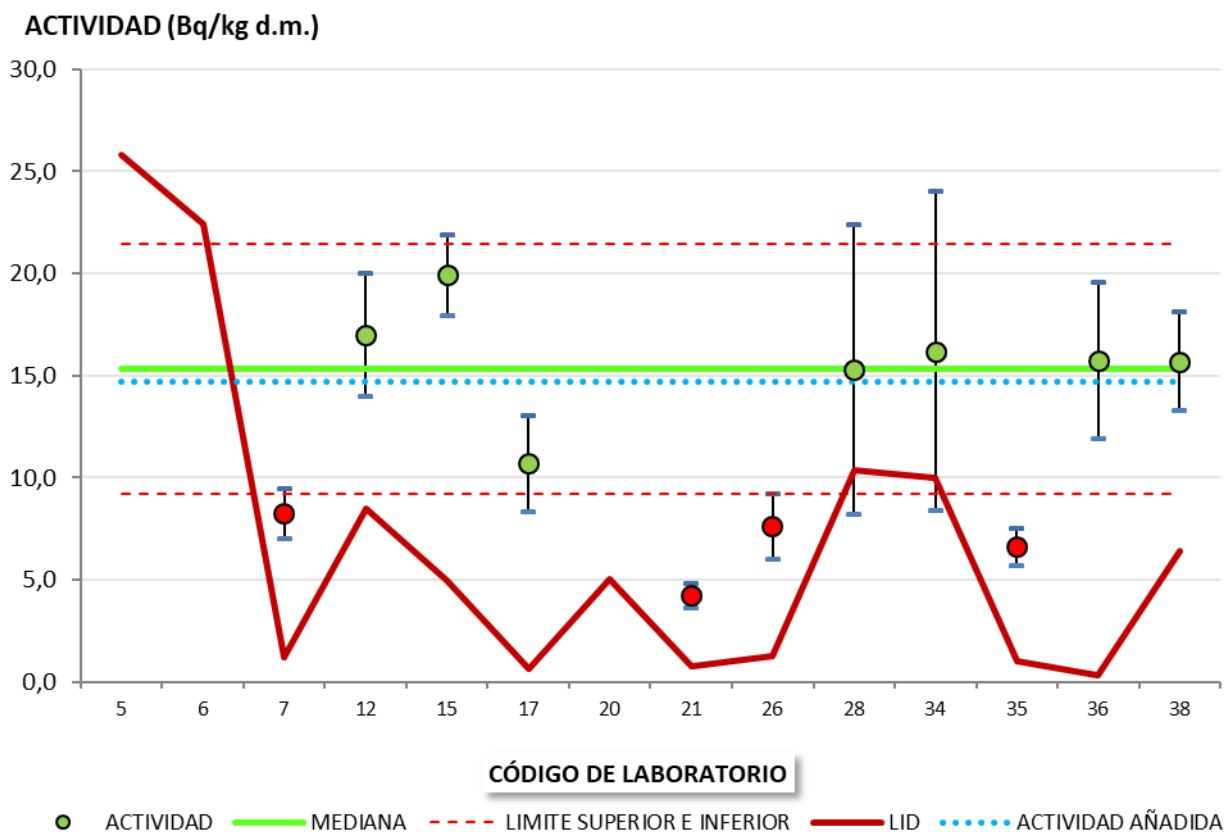
ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)



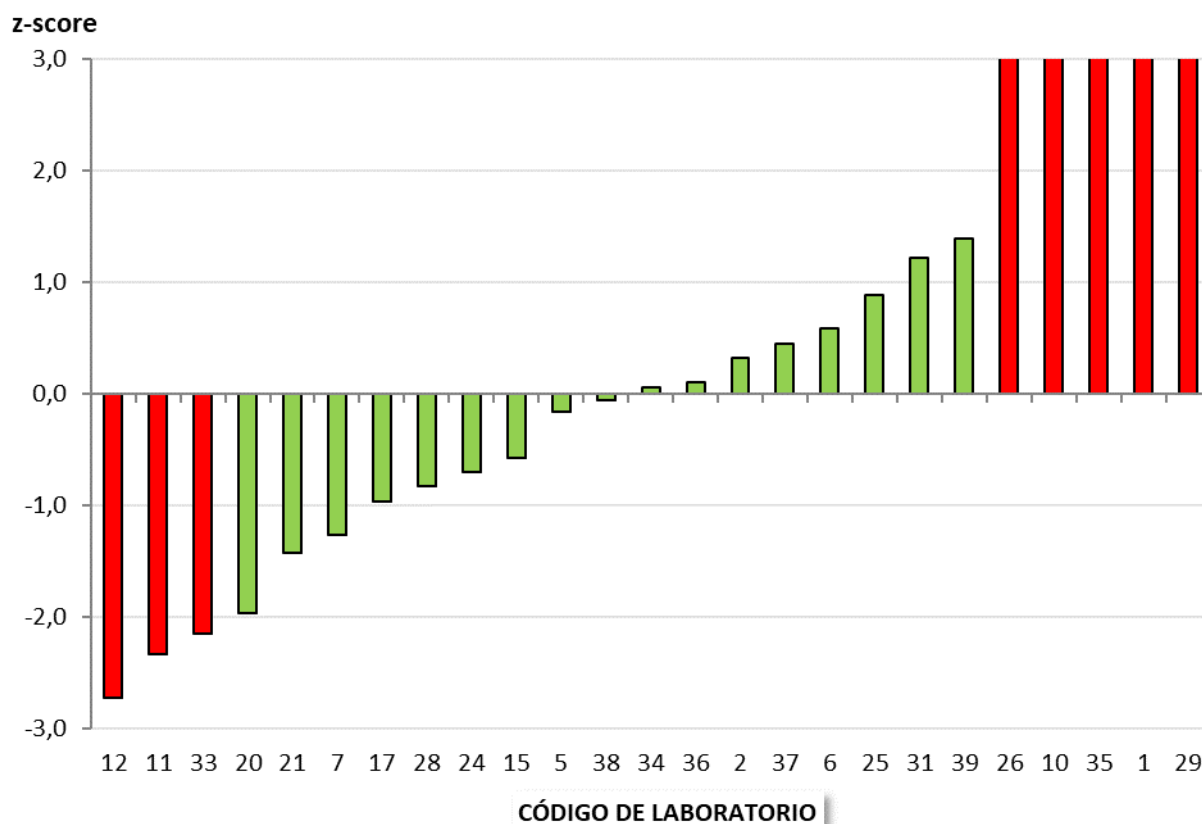
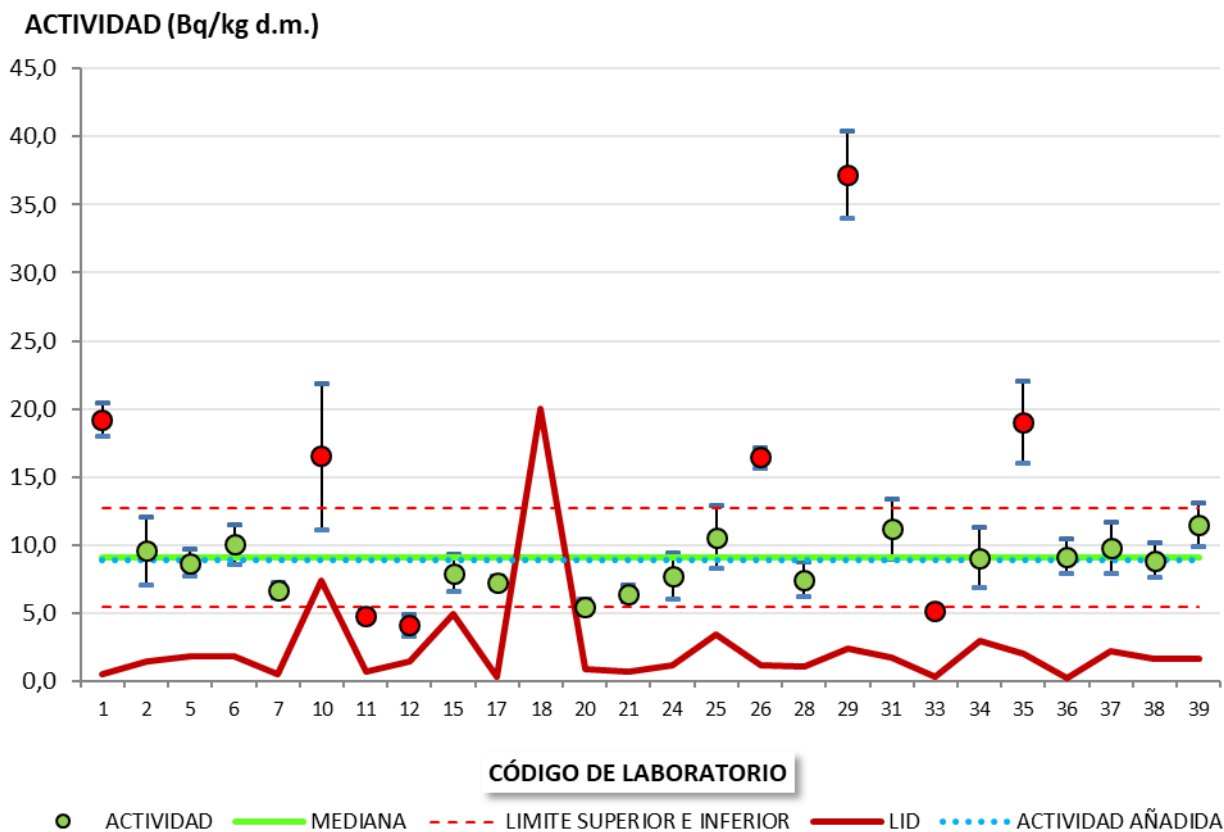
z-score



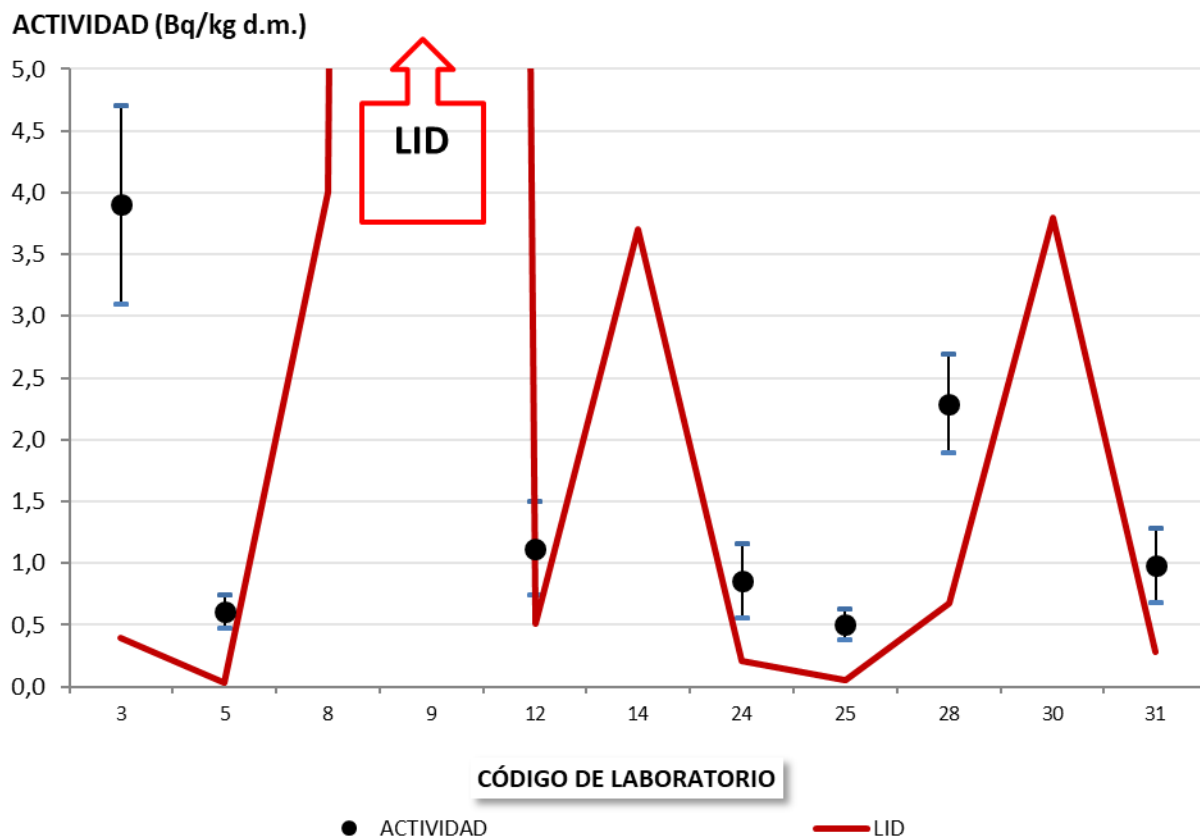
^{89}Sr (Cenizas alimentos)



^{90}Sr (Cenizas de alimentos)



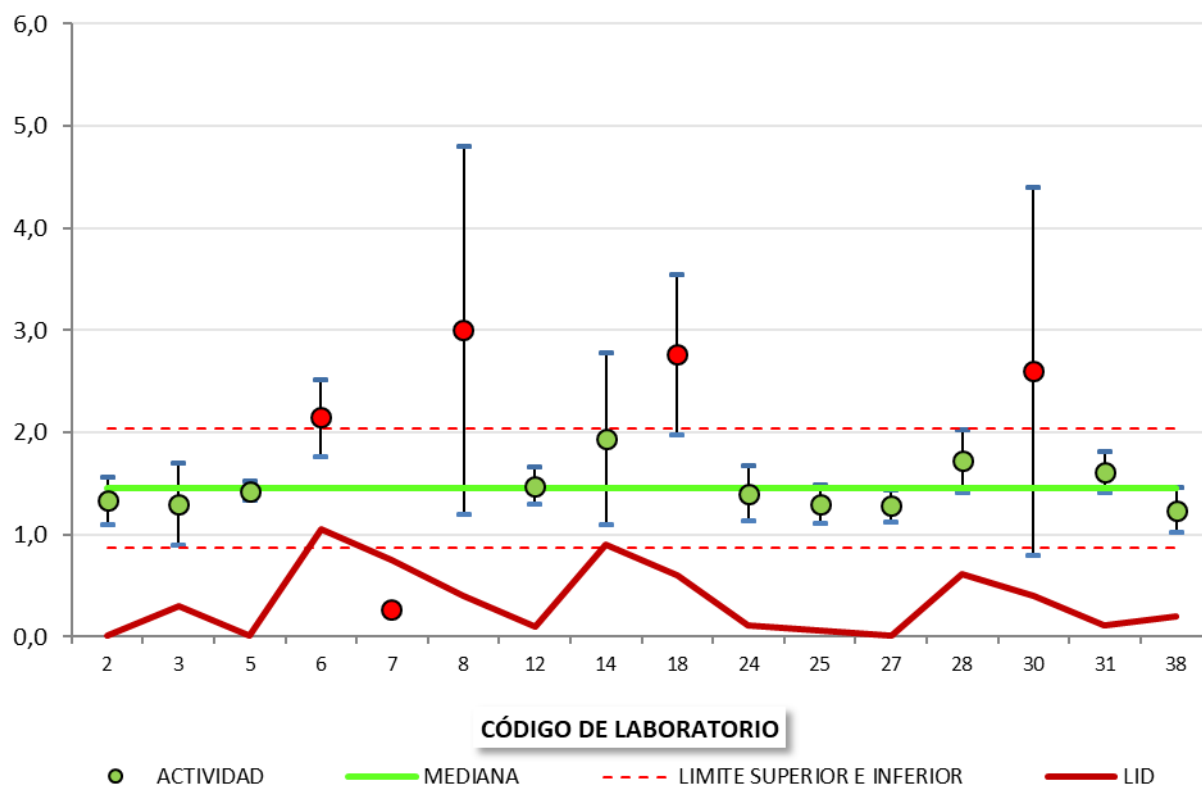
^{230}Th (Cenizas alimentos)



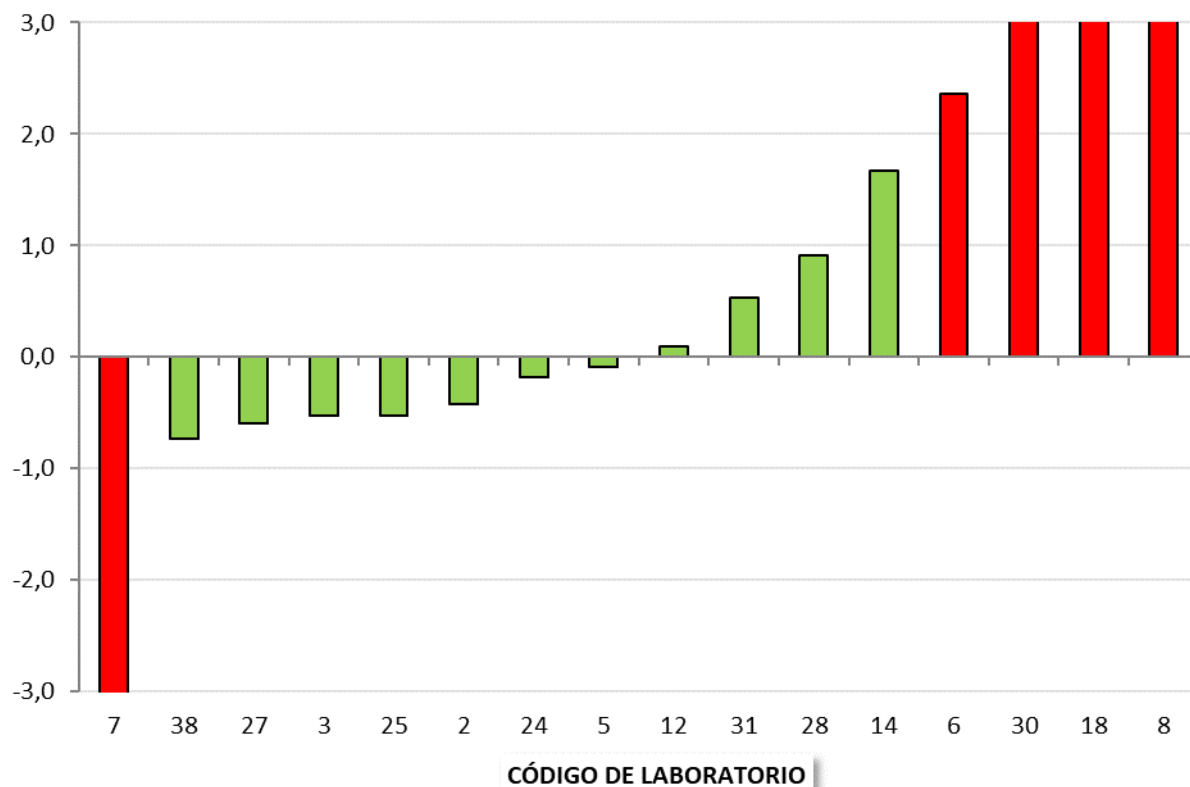
NO EVALUABLE

^{234}U (Cenizas de alimentos)

ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)



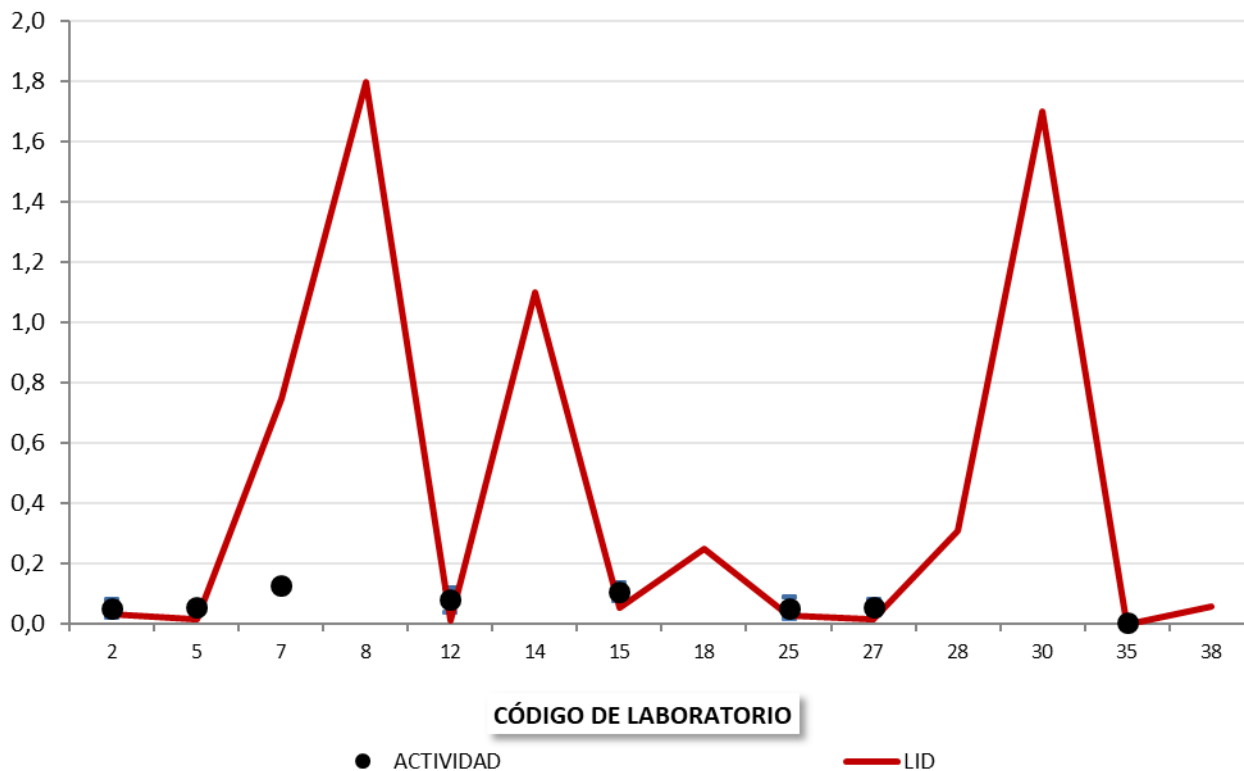
z-score



EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN 2023 ENTRE LABORATORIOS DE MEDIDA DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL
(Muestras de cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

^{235}U

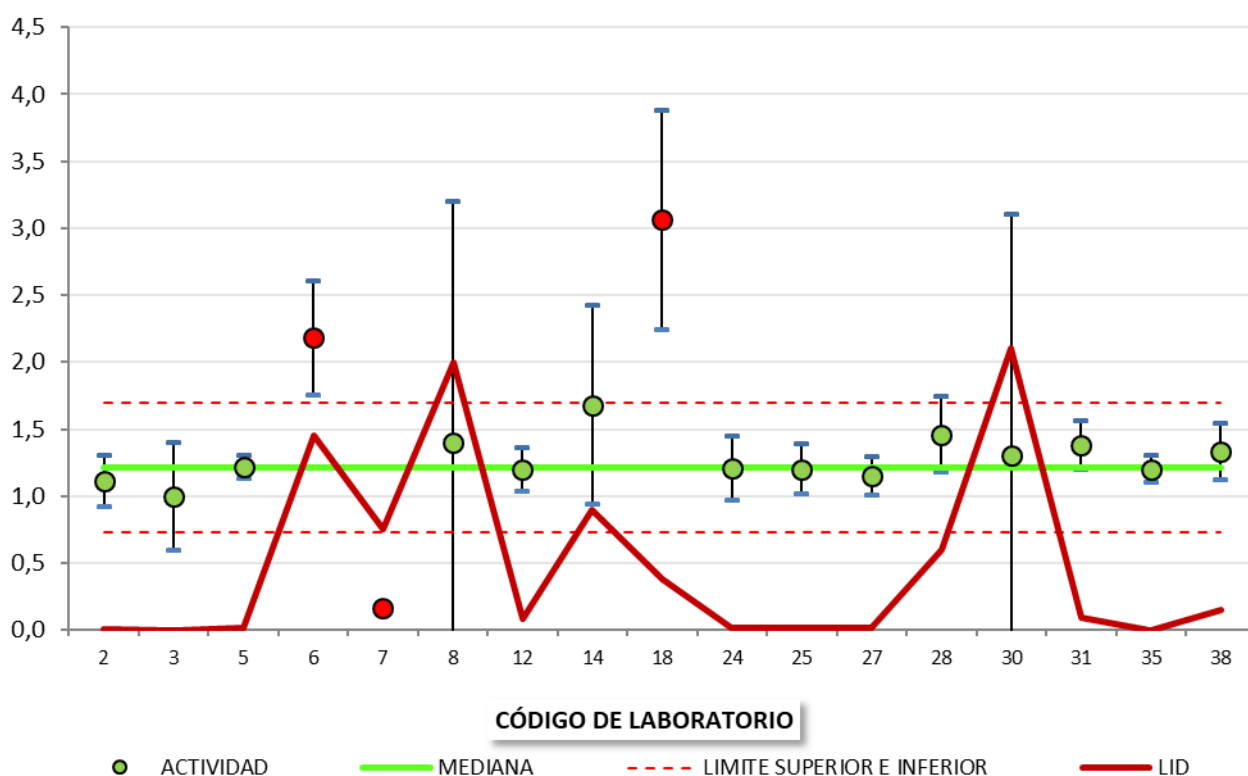
ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)



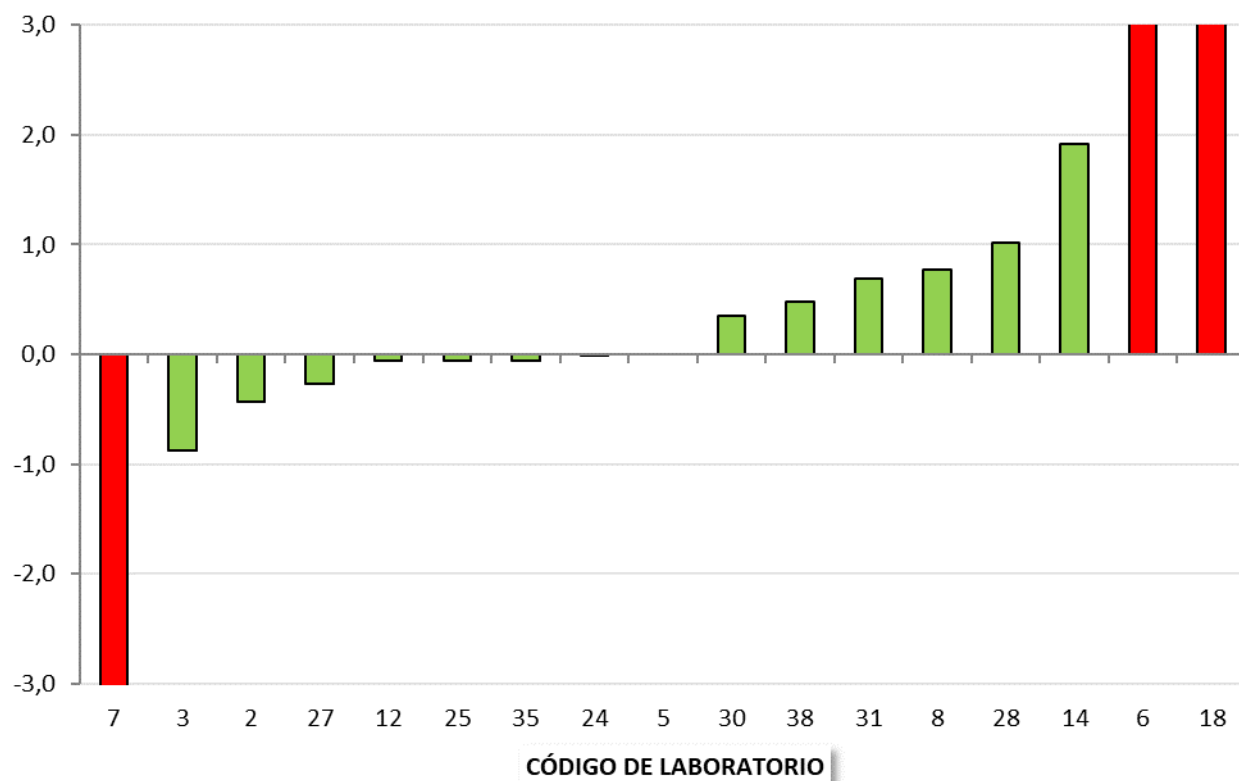
NO EVALUABLE

^{238}U (Cenizas de alimentos)

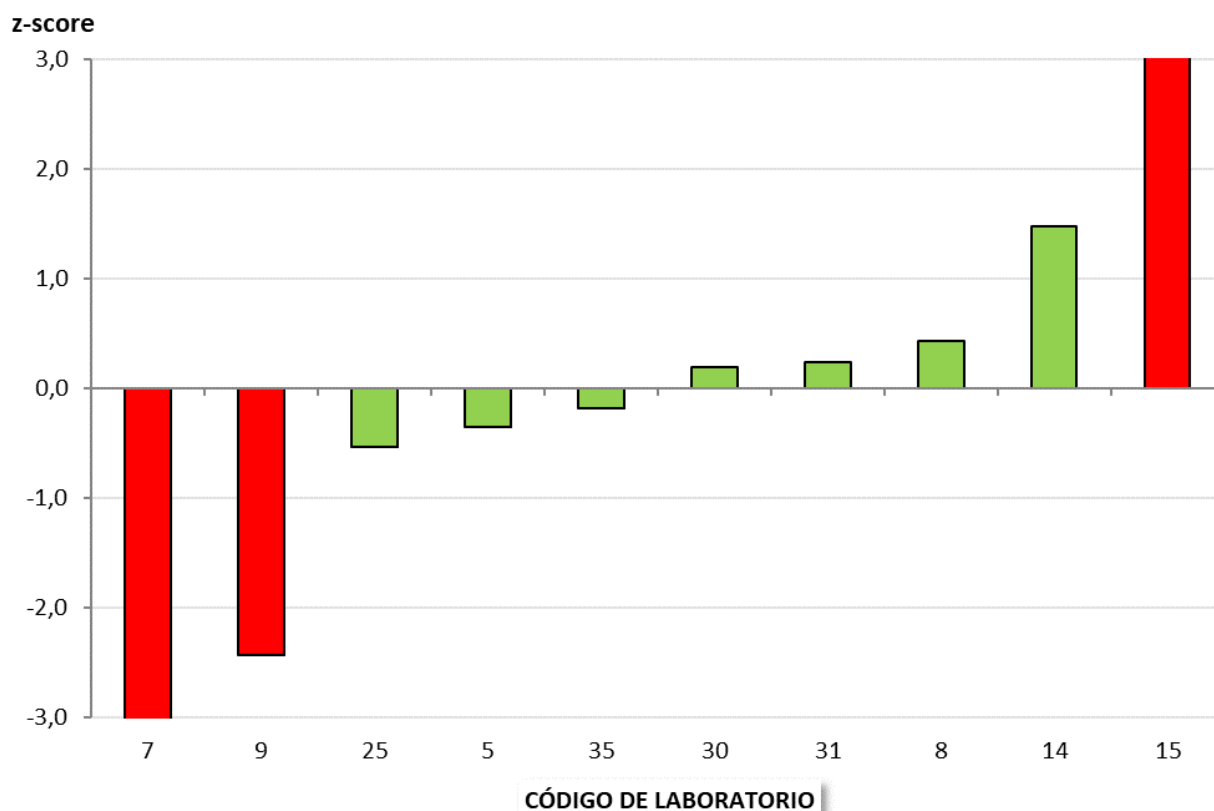
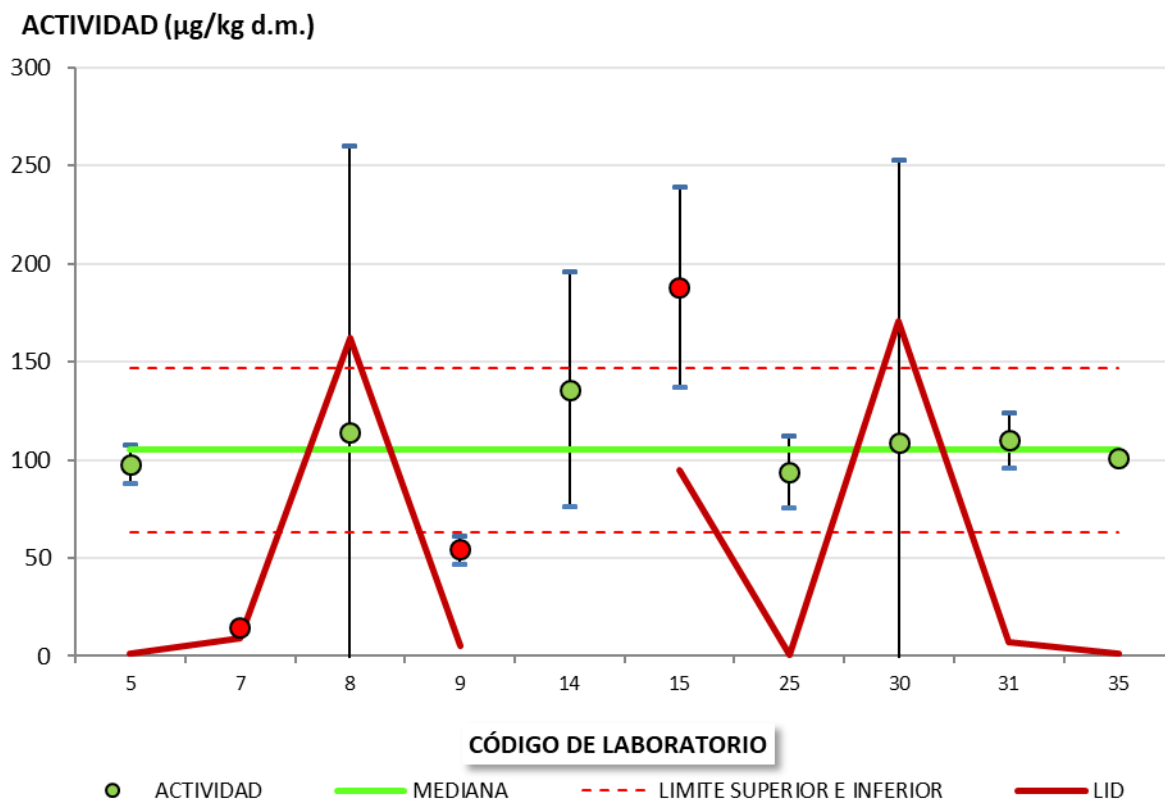
ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)



z-score

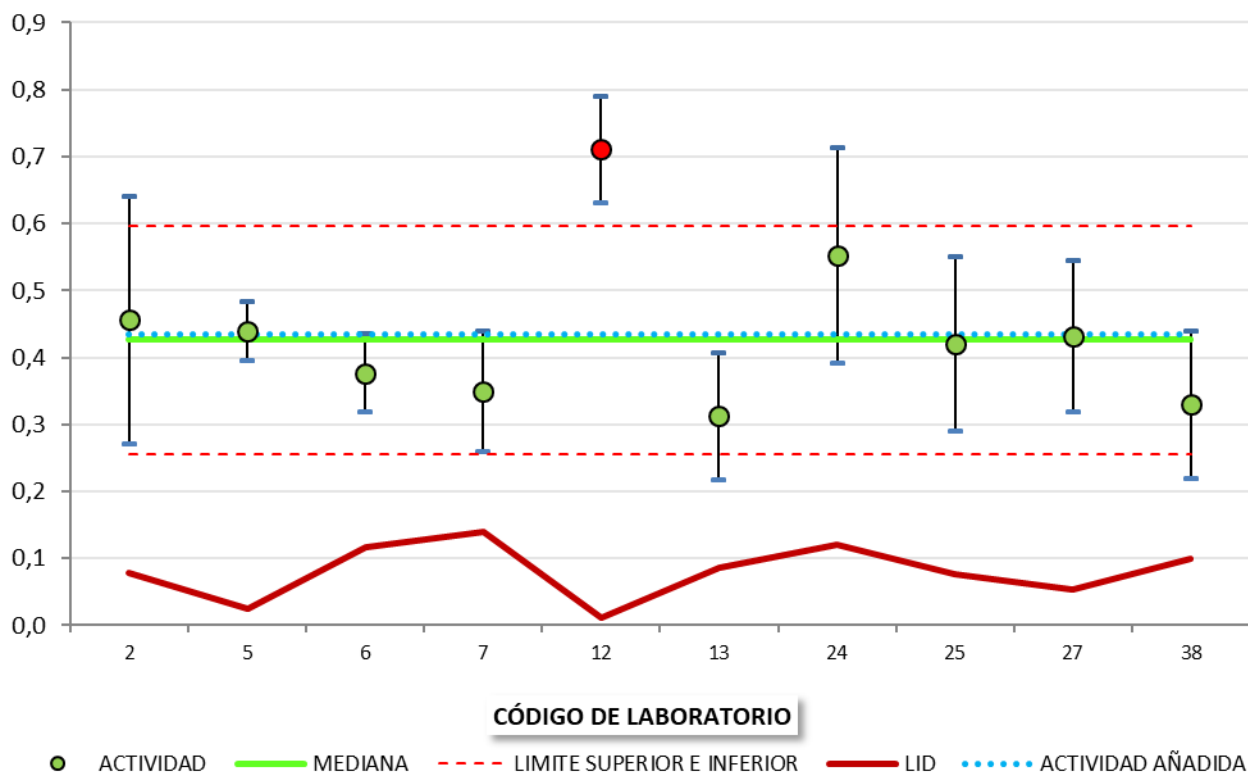


U_{Natural} (Cenizas de alimentos)

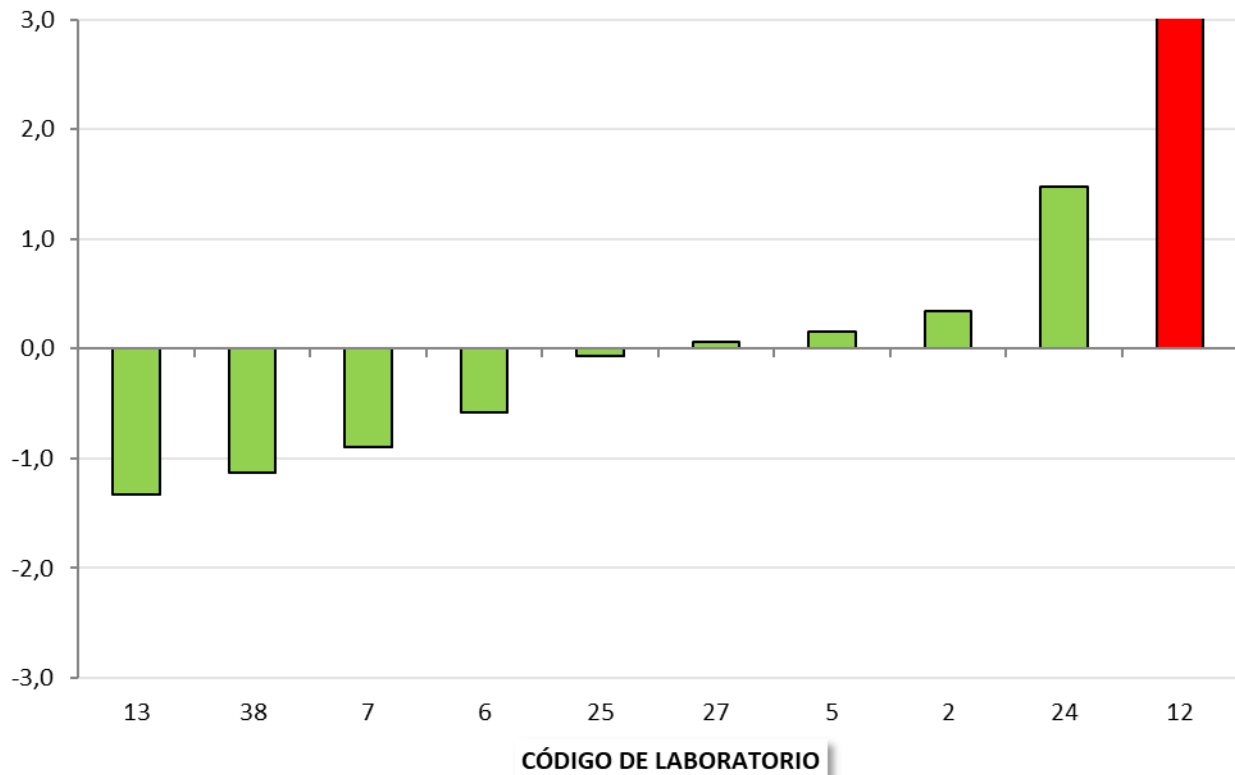


^{238}Pu (Cenizas de alimentos)

ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)

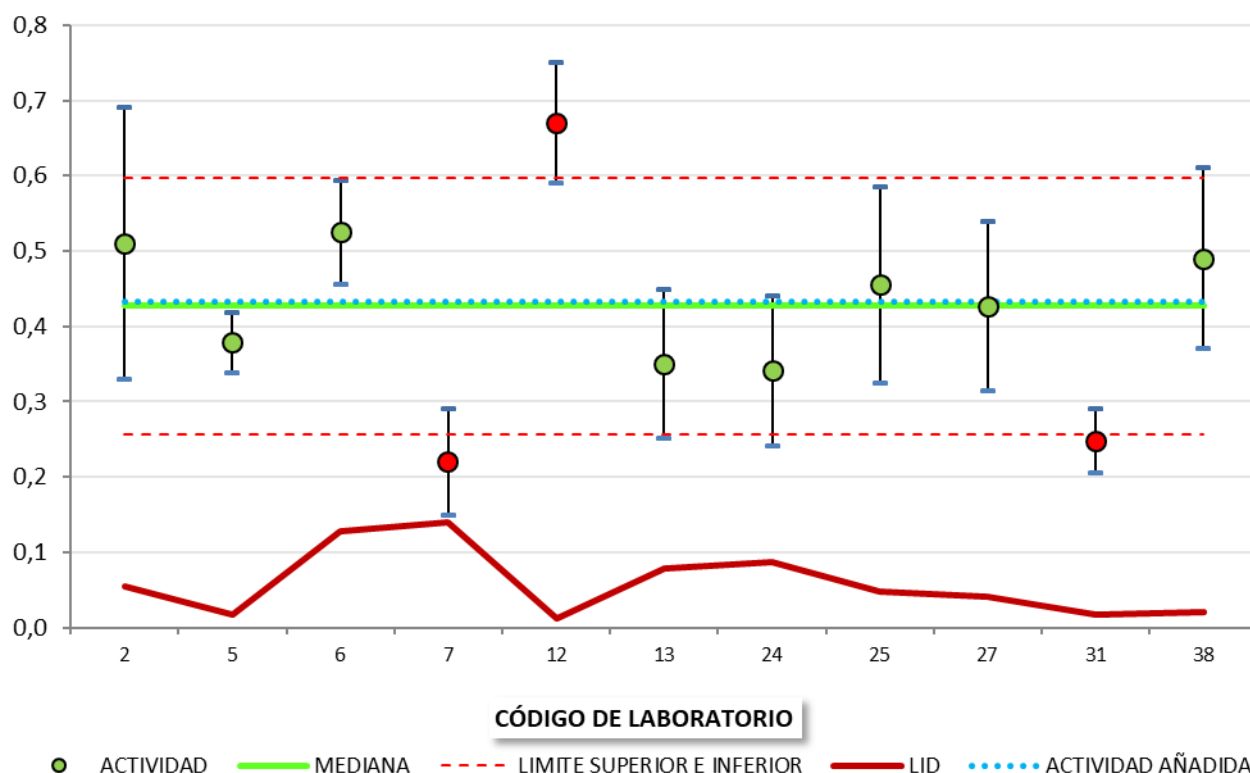


z-score

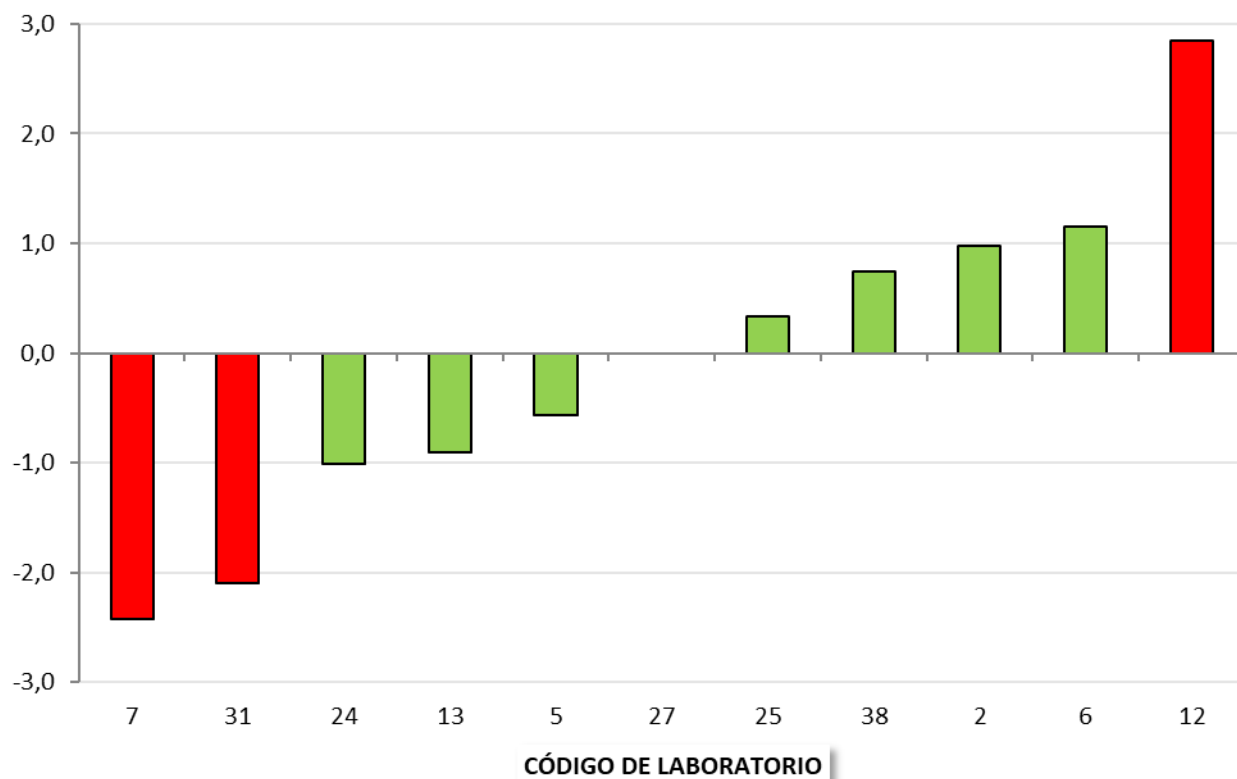


239+240Pu (Cenizas de alimentos)

ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)

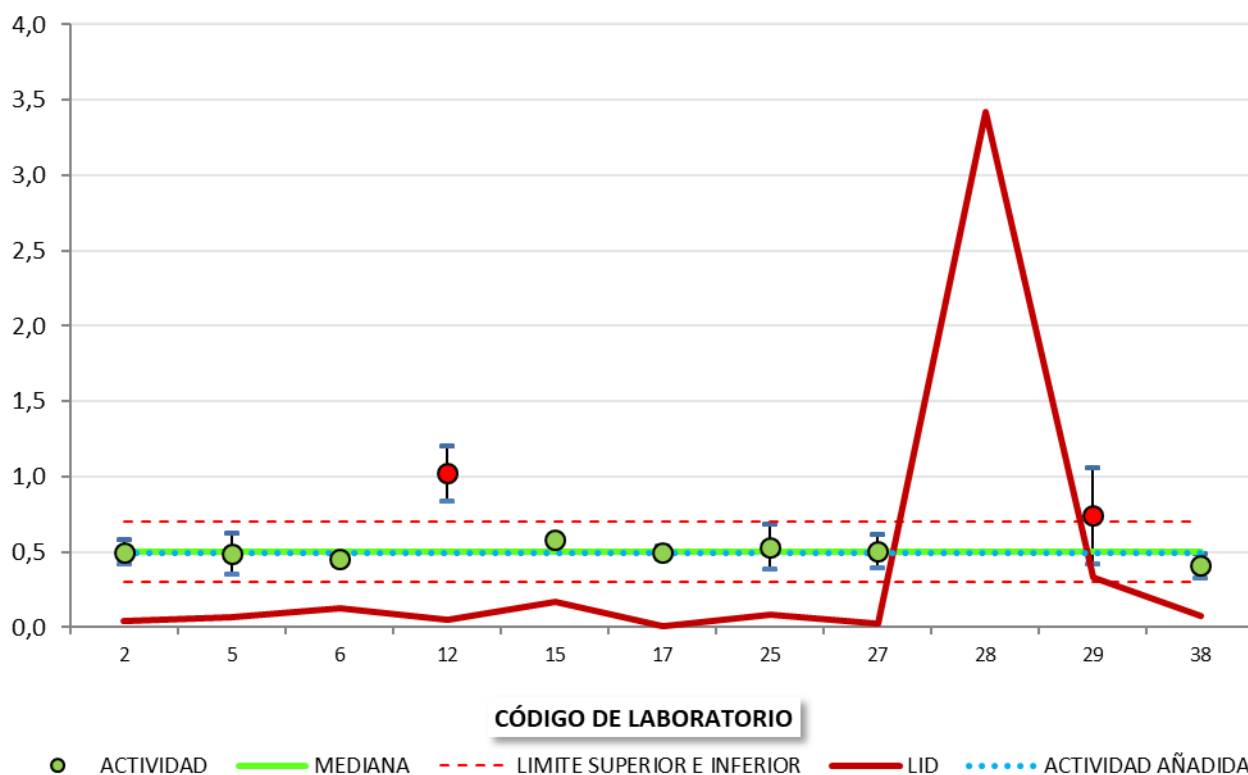


z-score

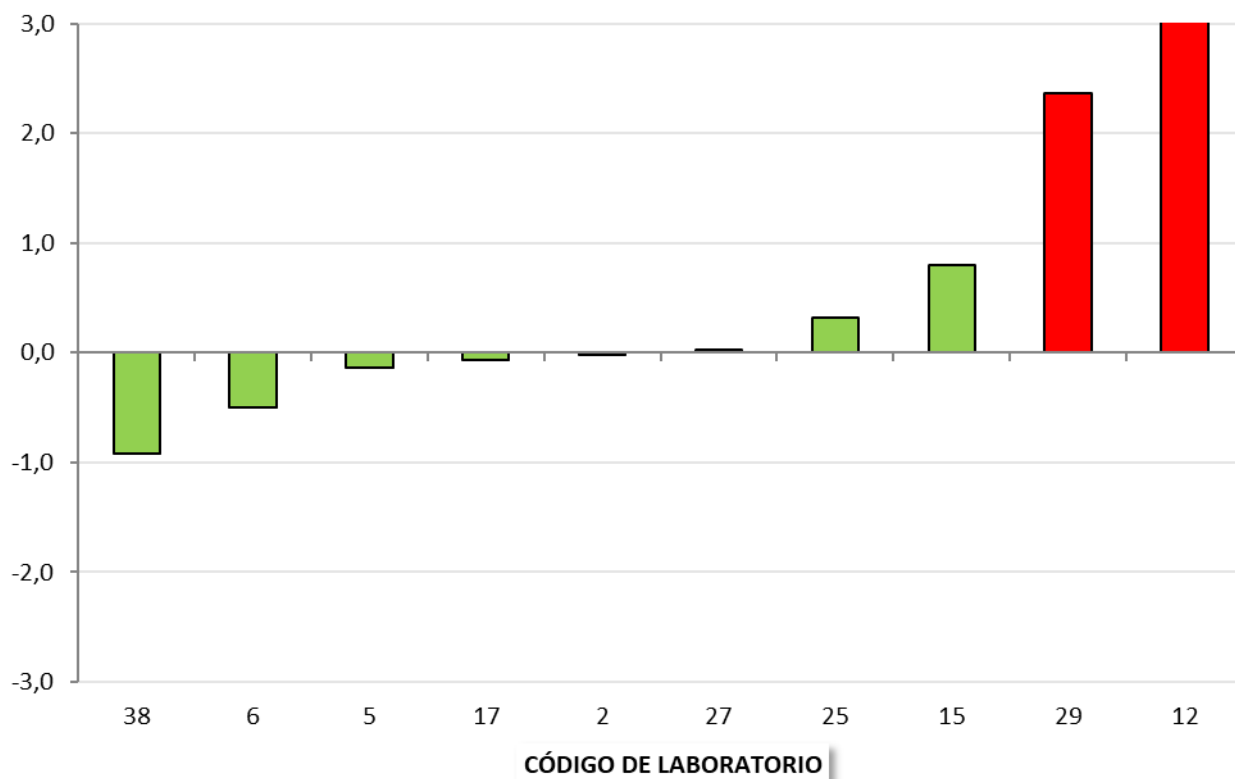


^{241}Am (Cenizas de alimentos)

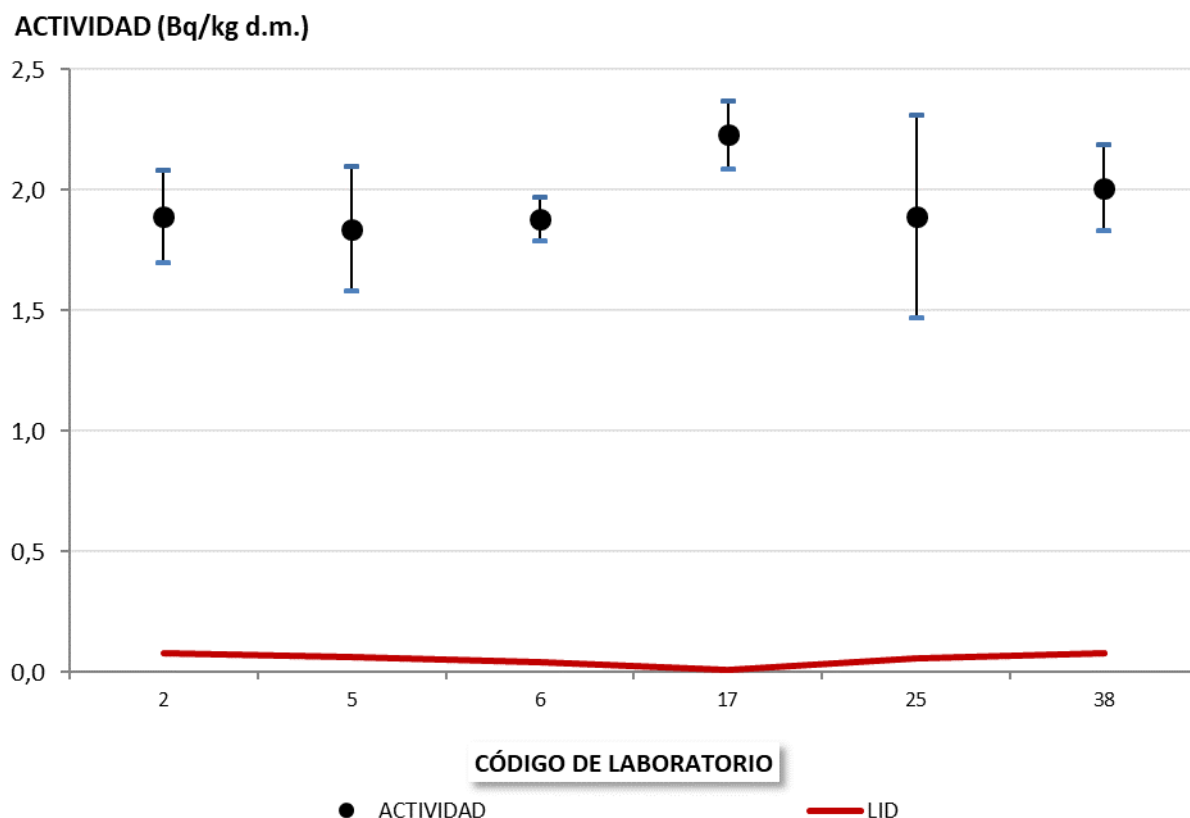
ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)



z-score

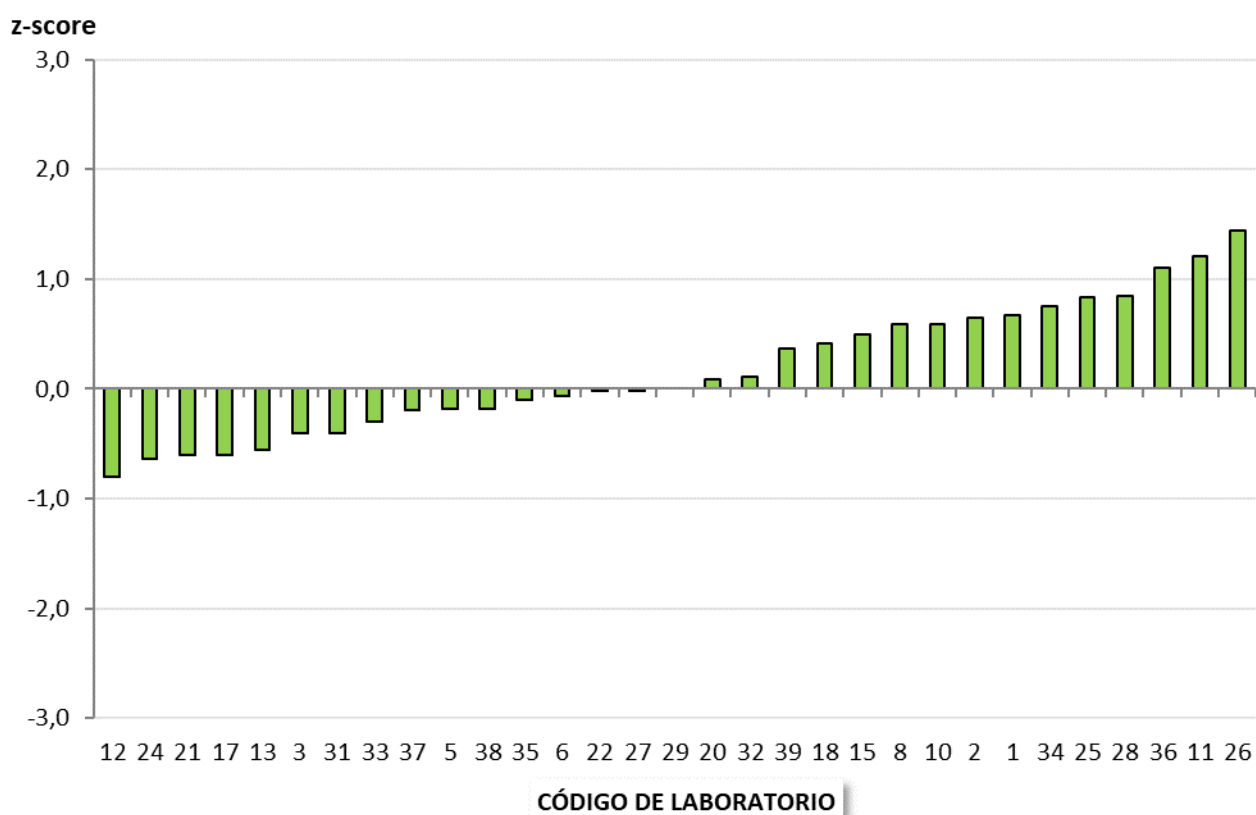
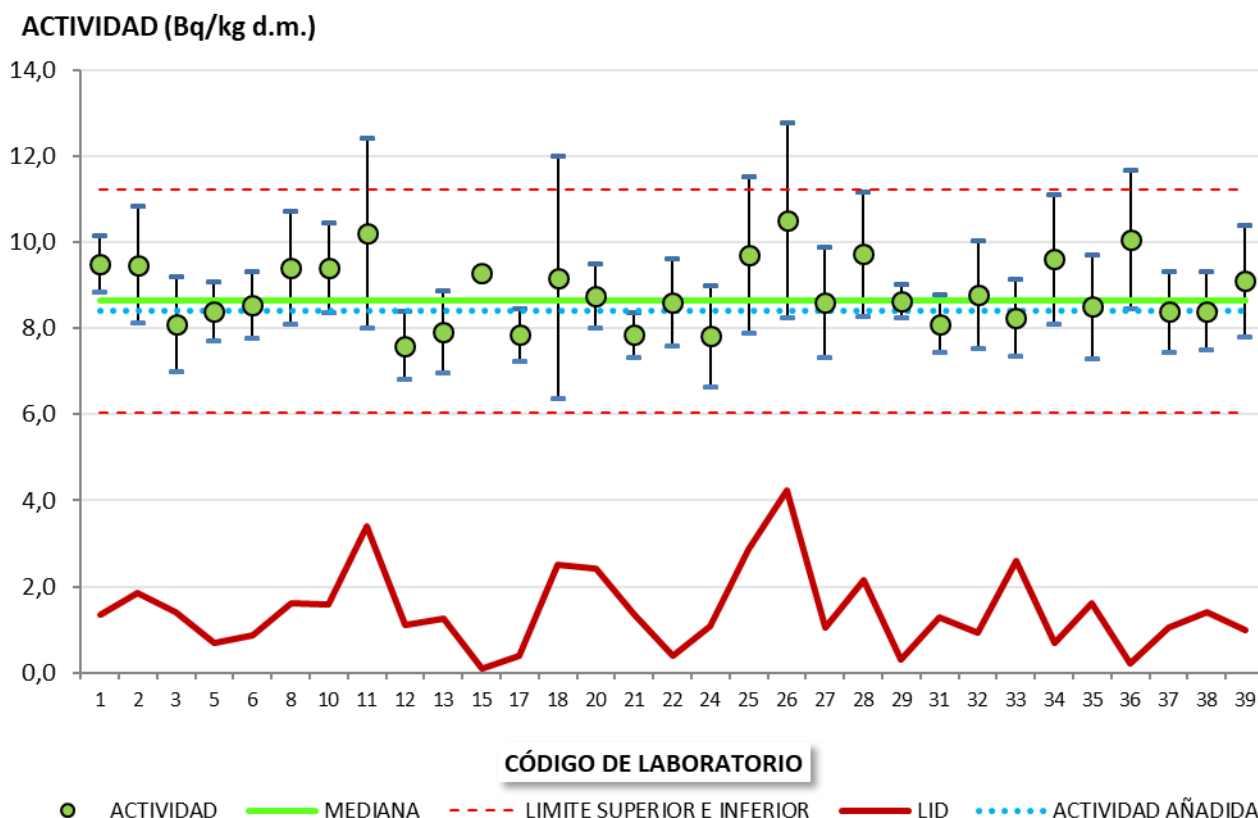


$^{243}+^{244}\text{Cm}$ (Cenizas de alimentos)

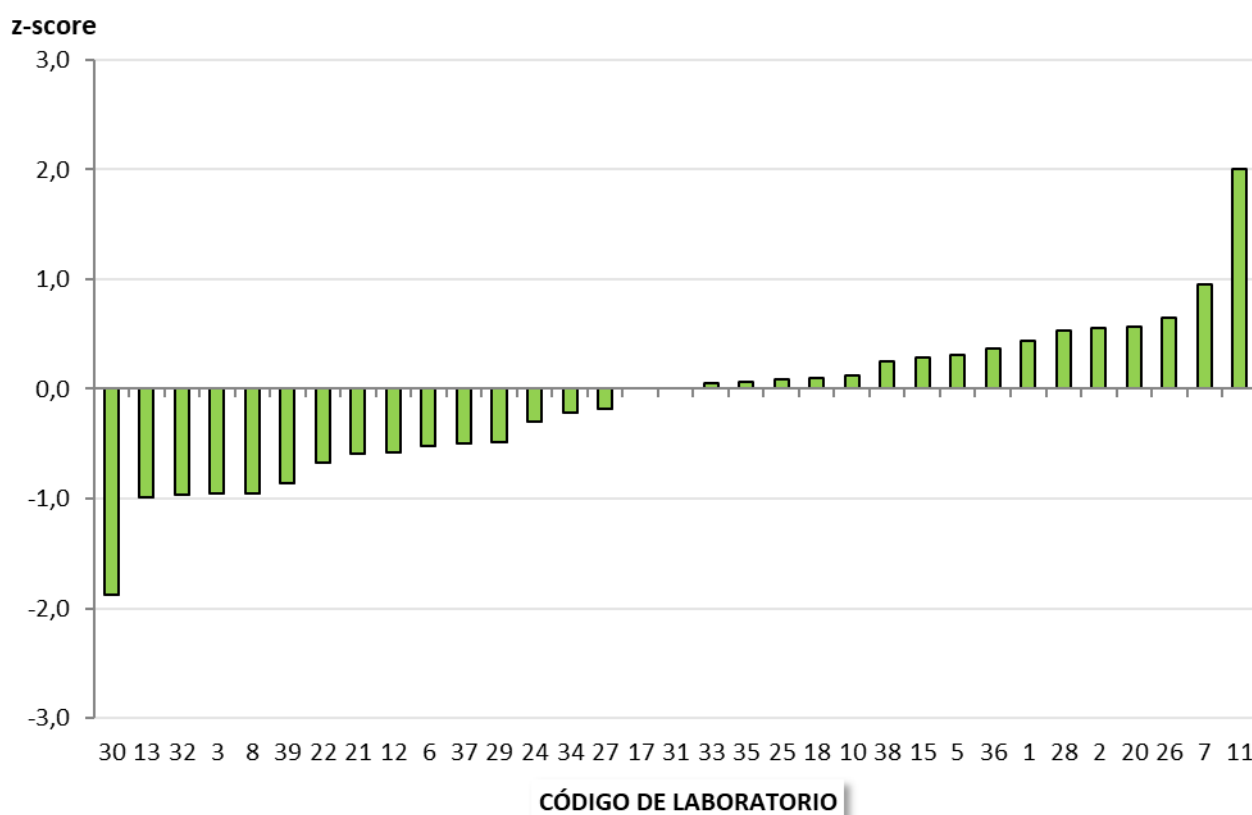
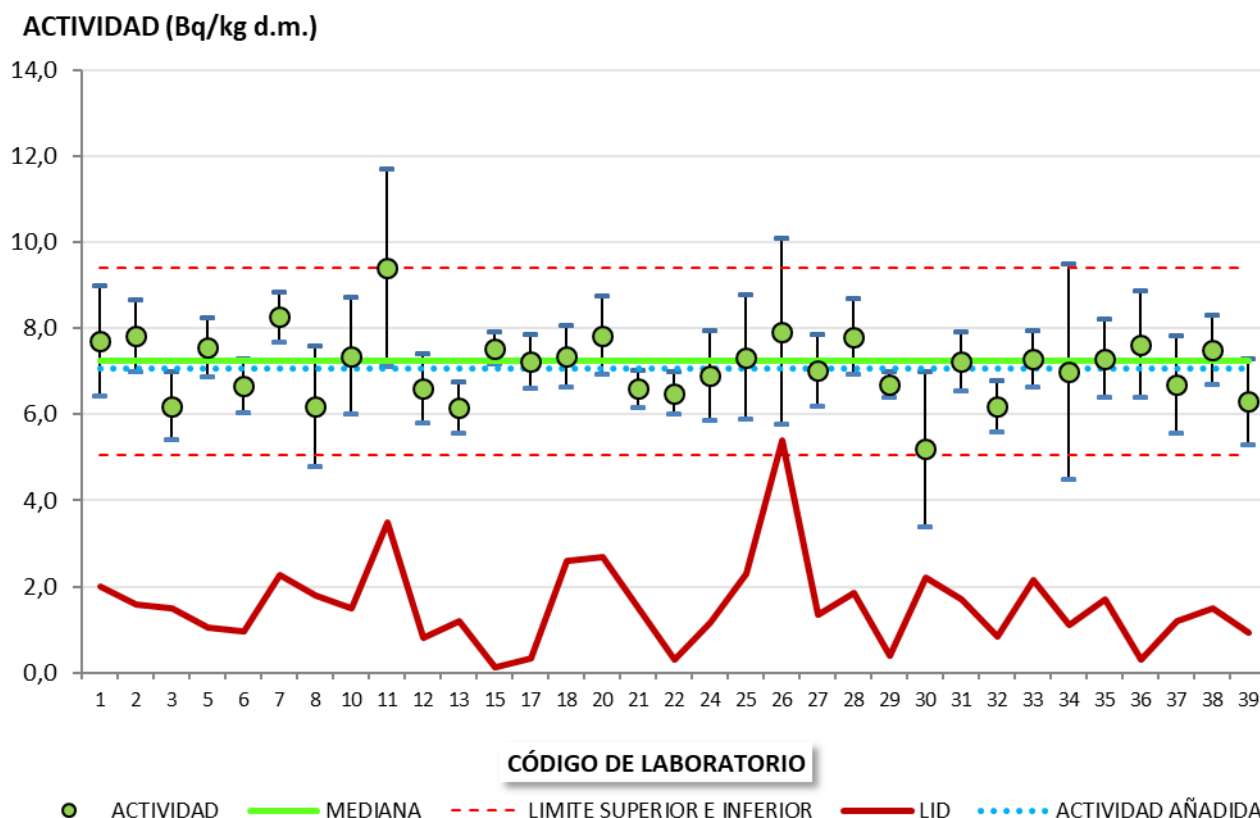


NO EVALUABLE

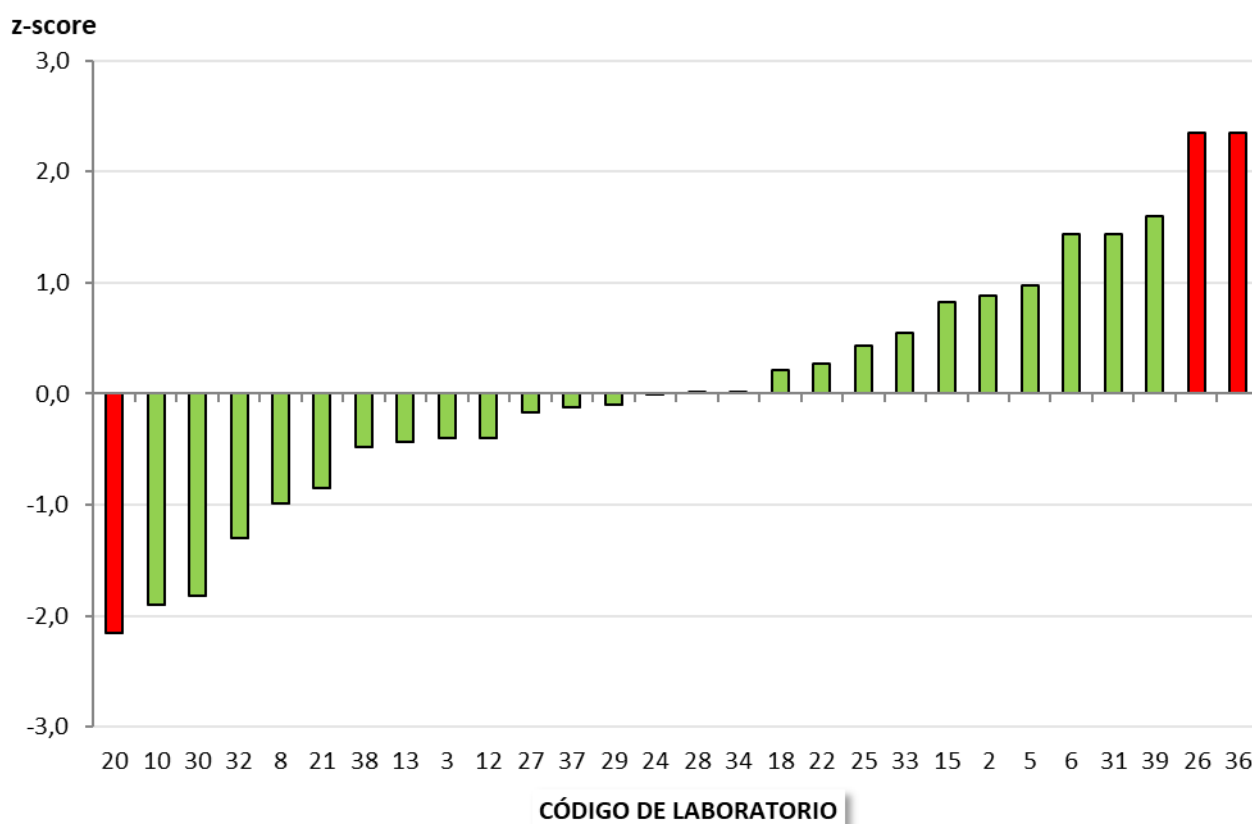
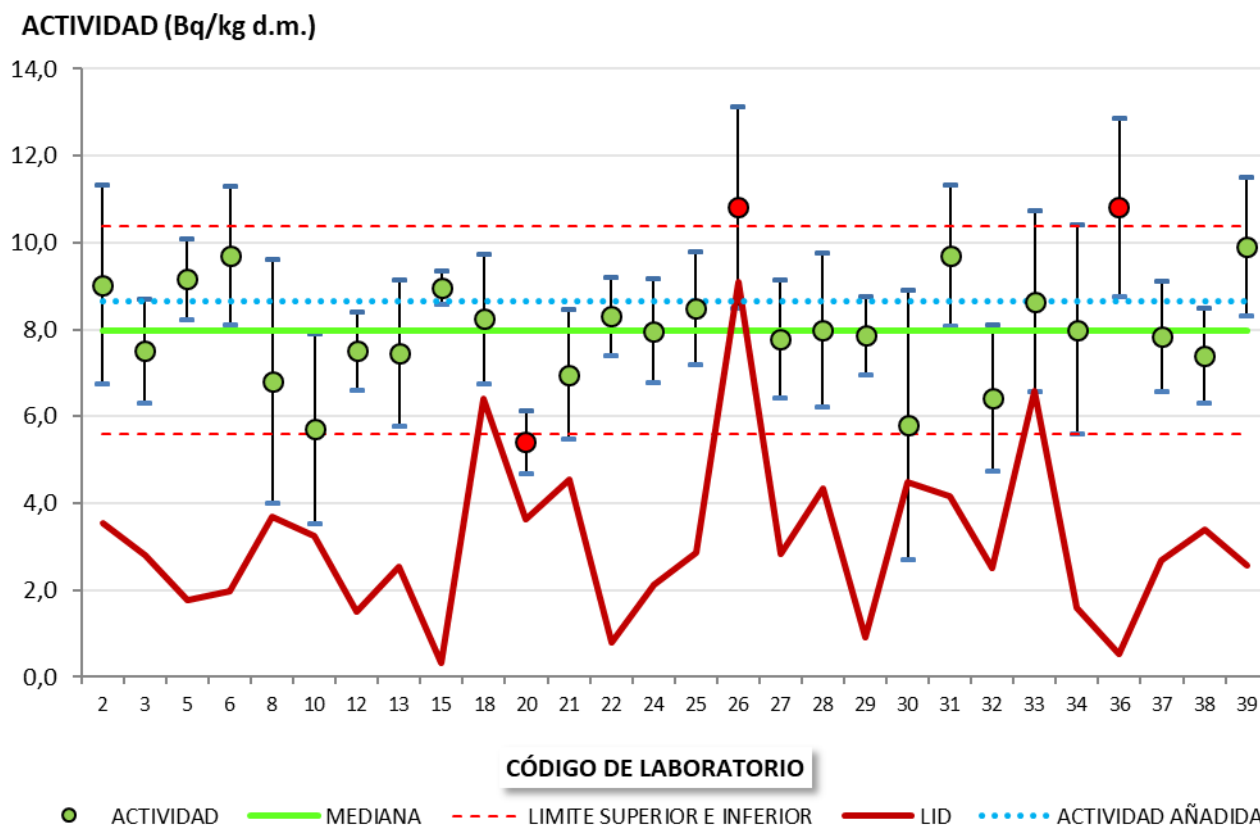
^{54}Mn (Cenizas de alimentos)



^{60}Co (Cenizas de alimentos)

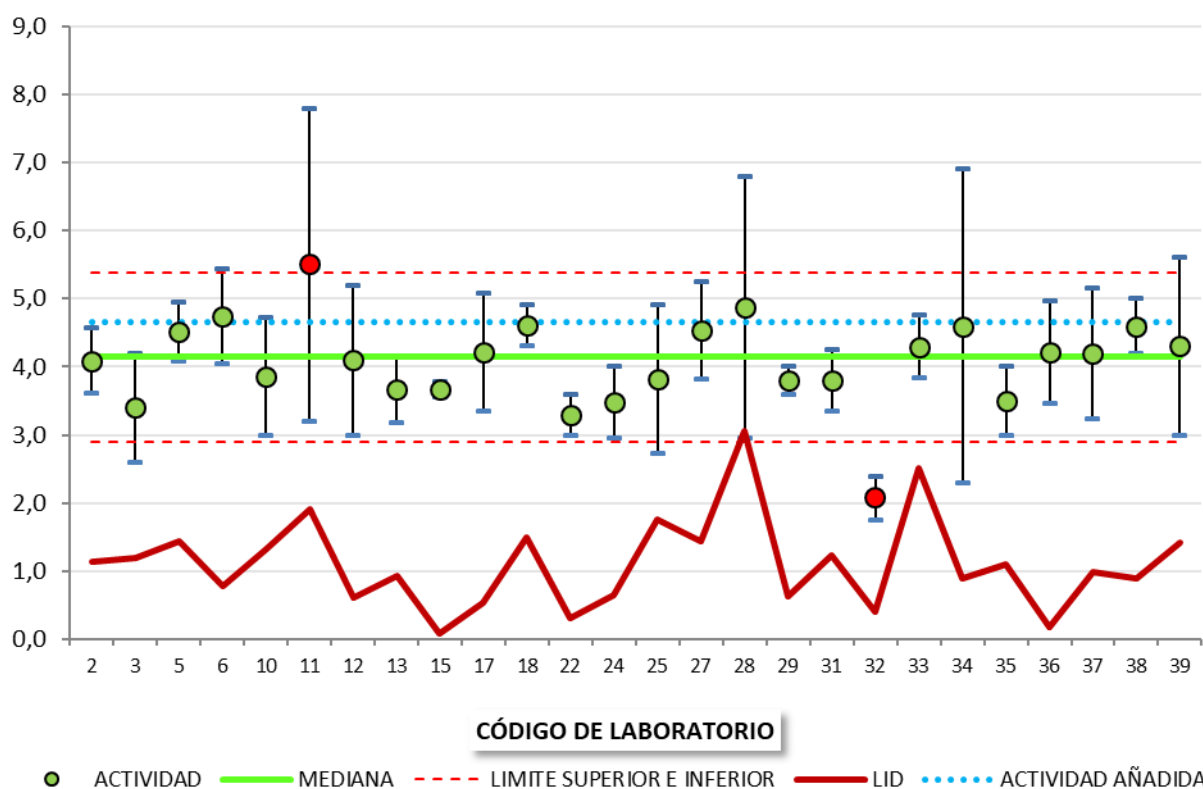


^{65}Zn (Cenizas de alimentos)

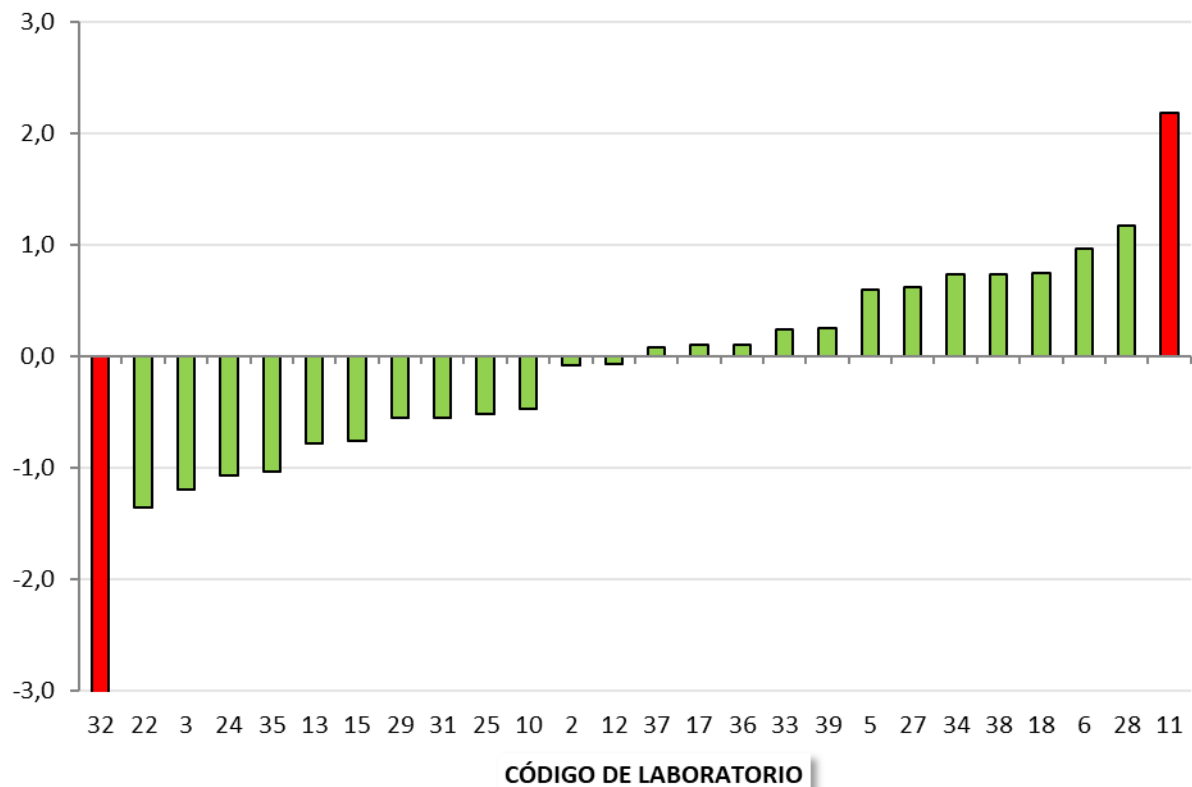


^{110m}Ag (Cenizas de alimentos)

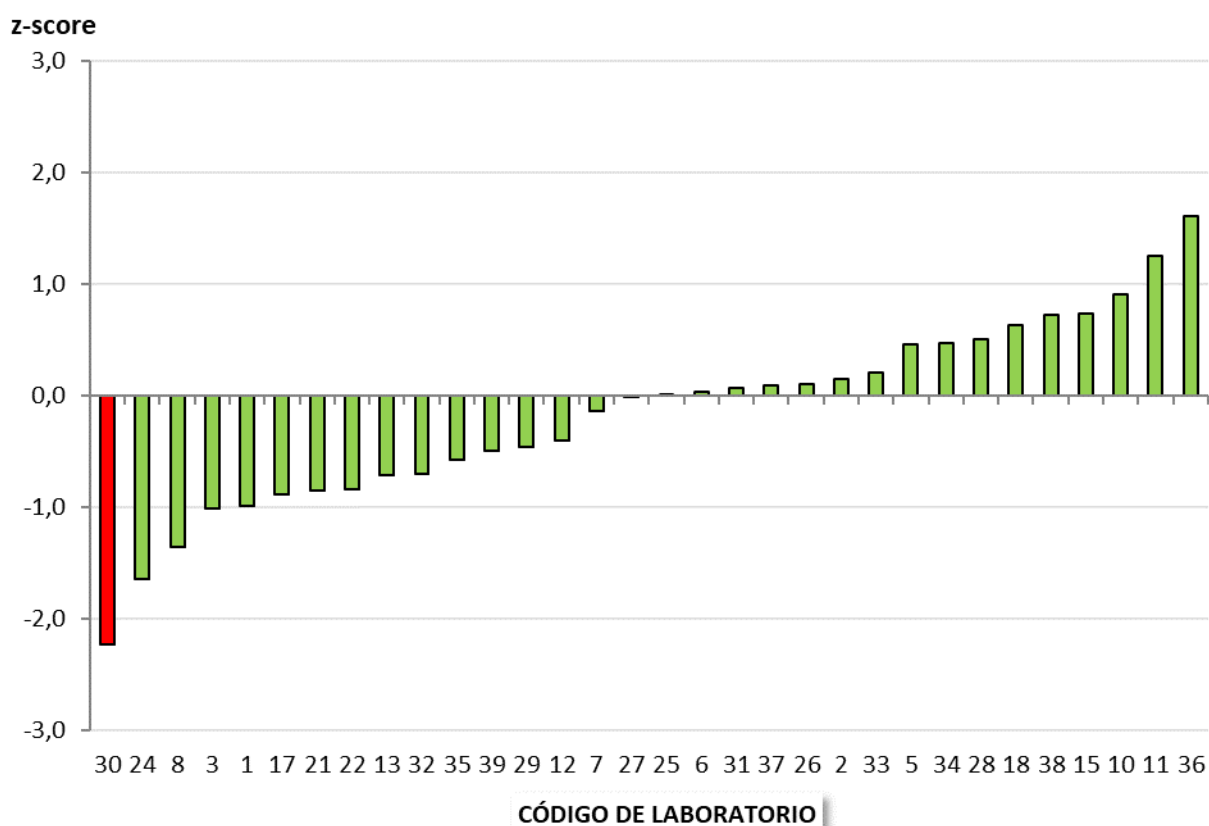
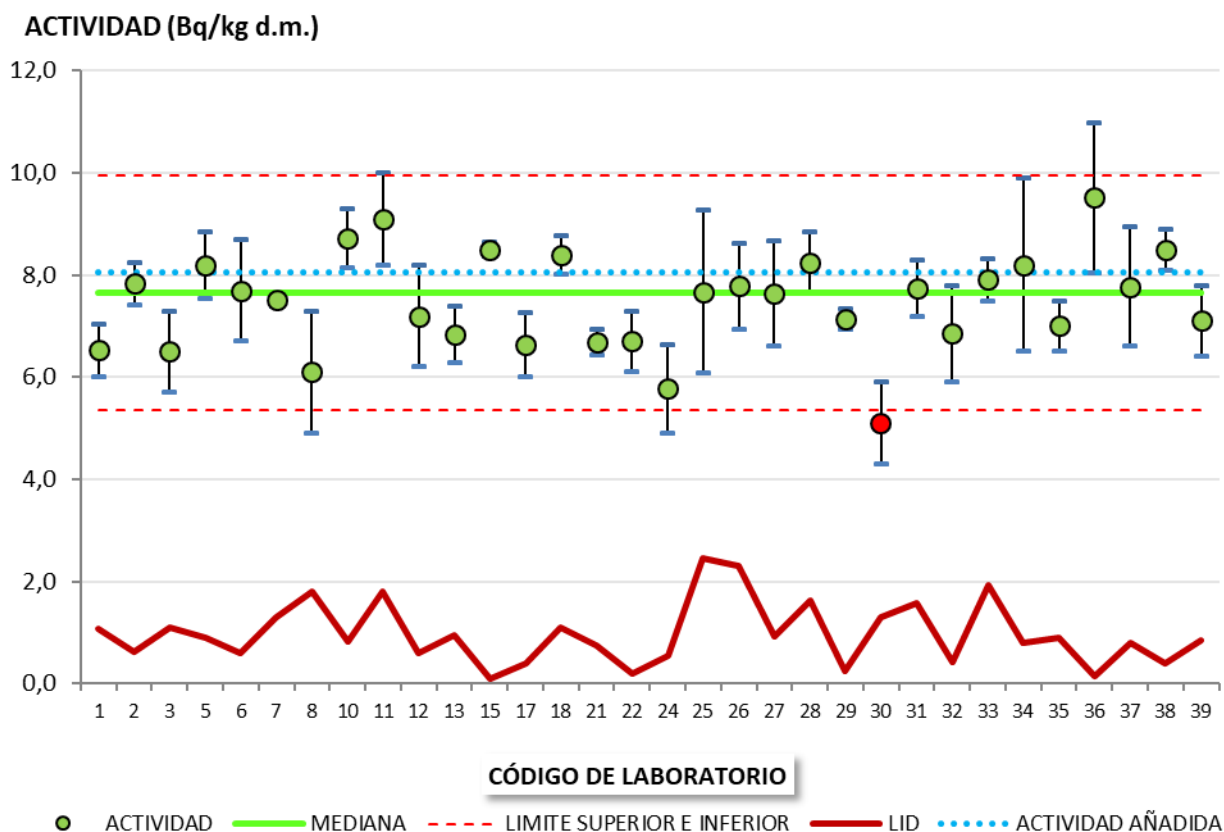
ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)



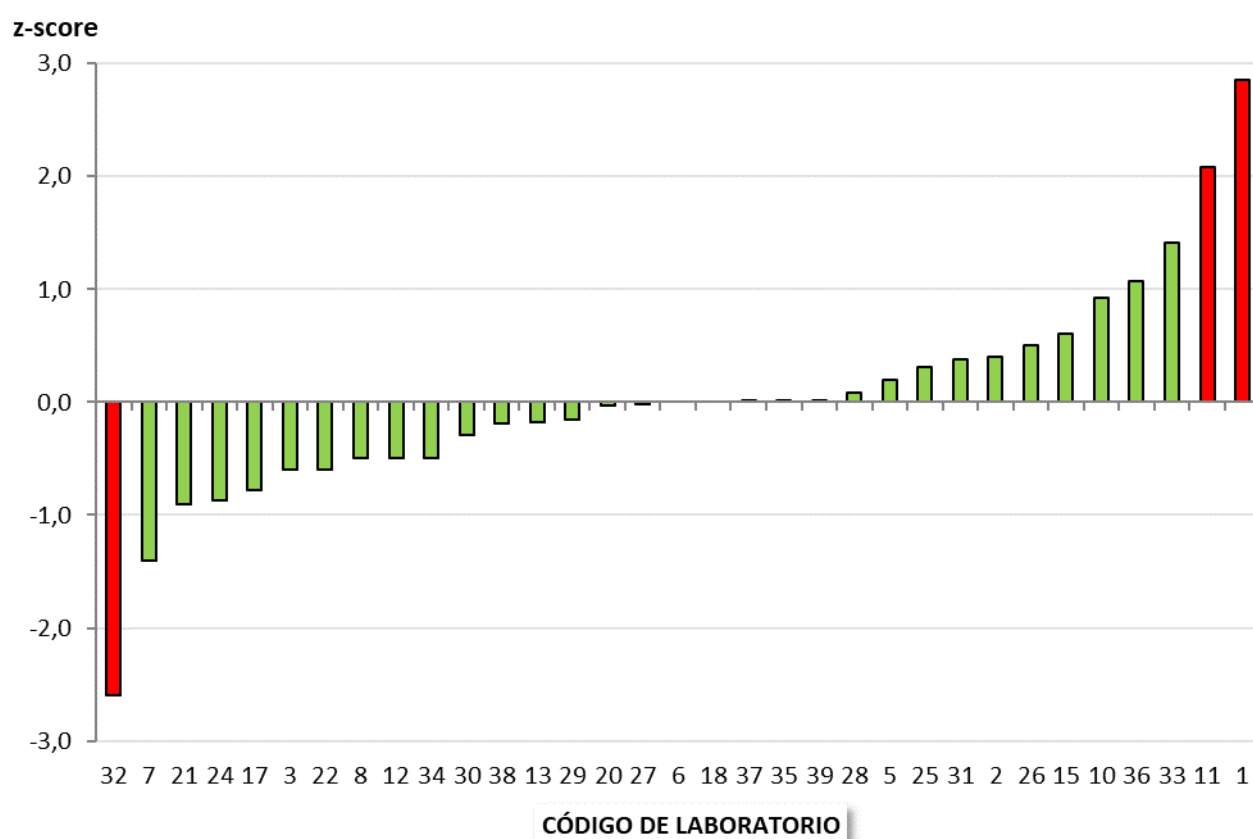
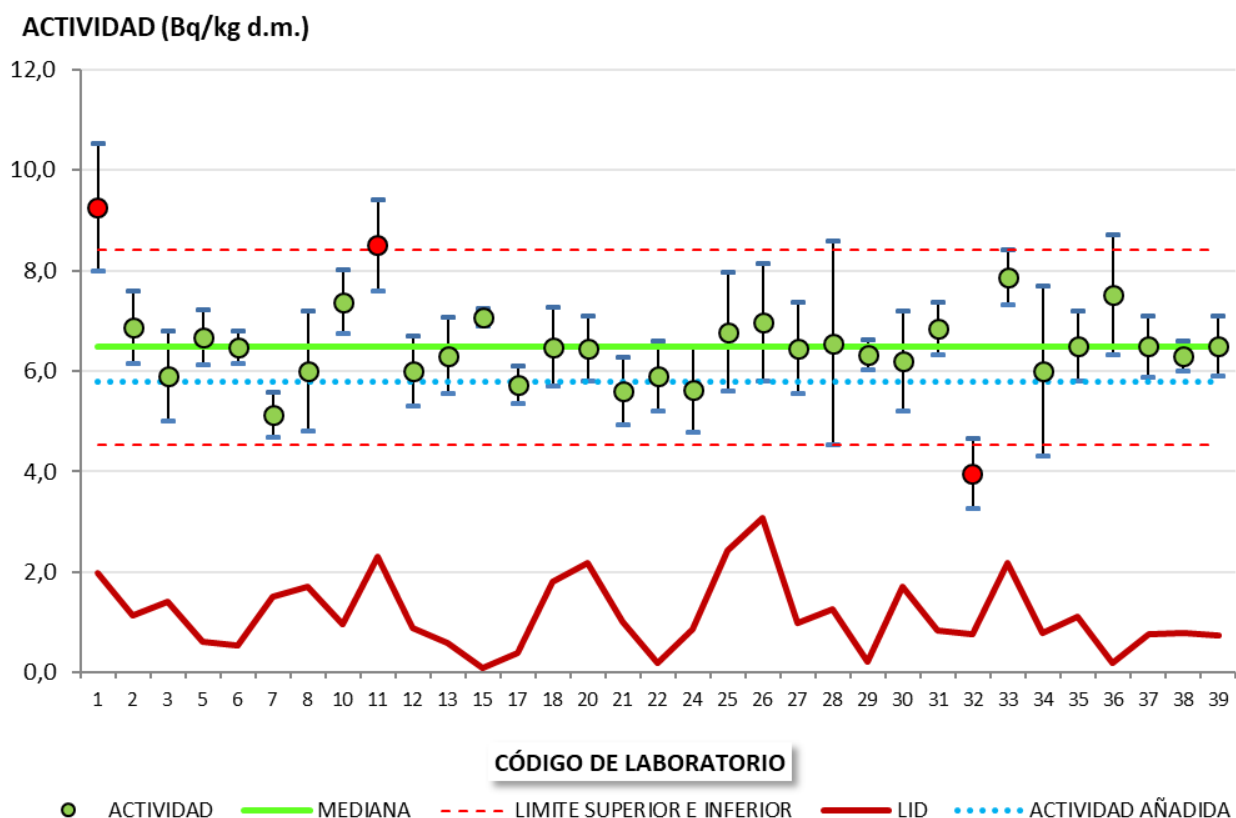
z-score



^{134}Cs (Cenizas de alimentos)

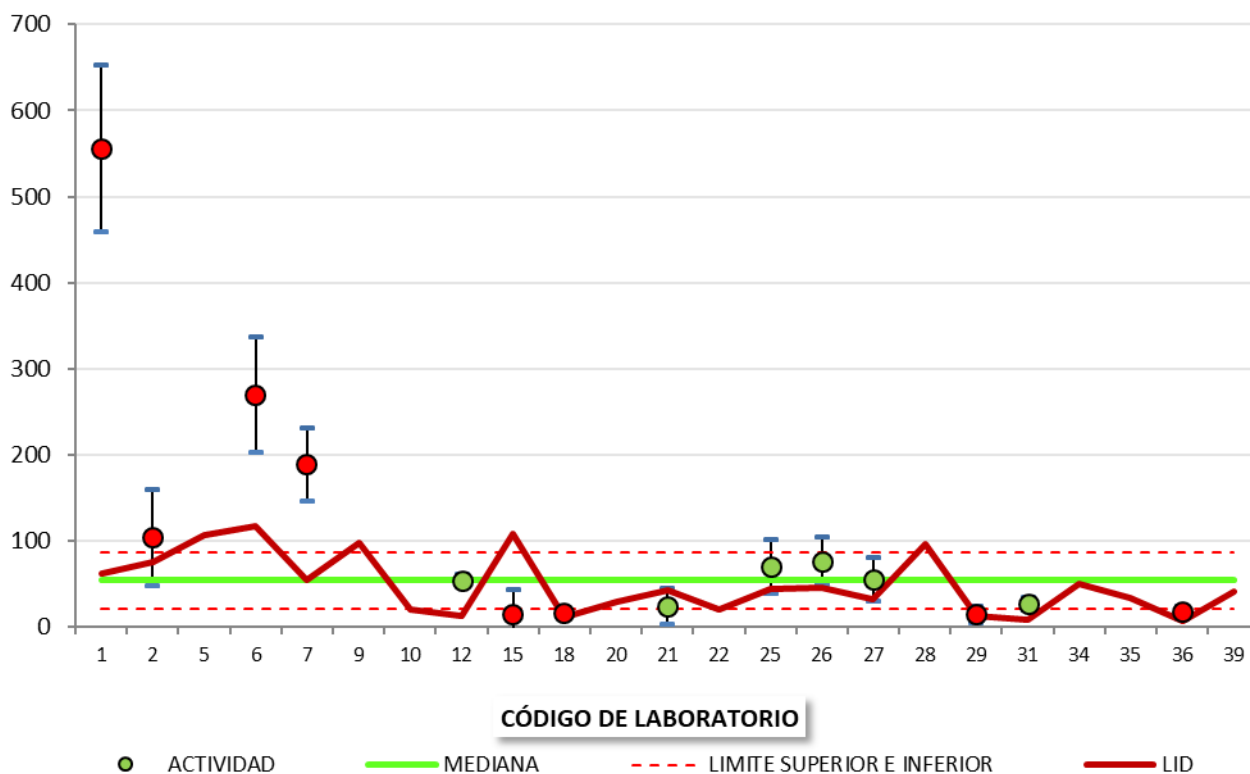


^{137}Cs (Cenizas de alimentos)

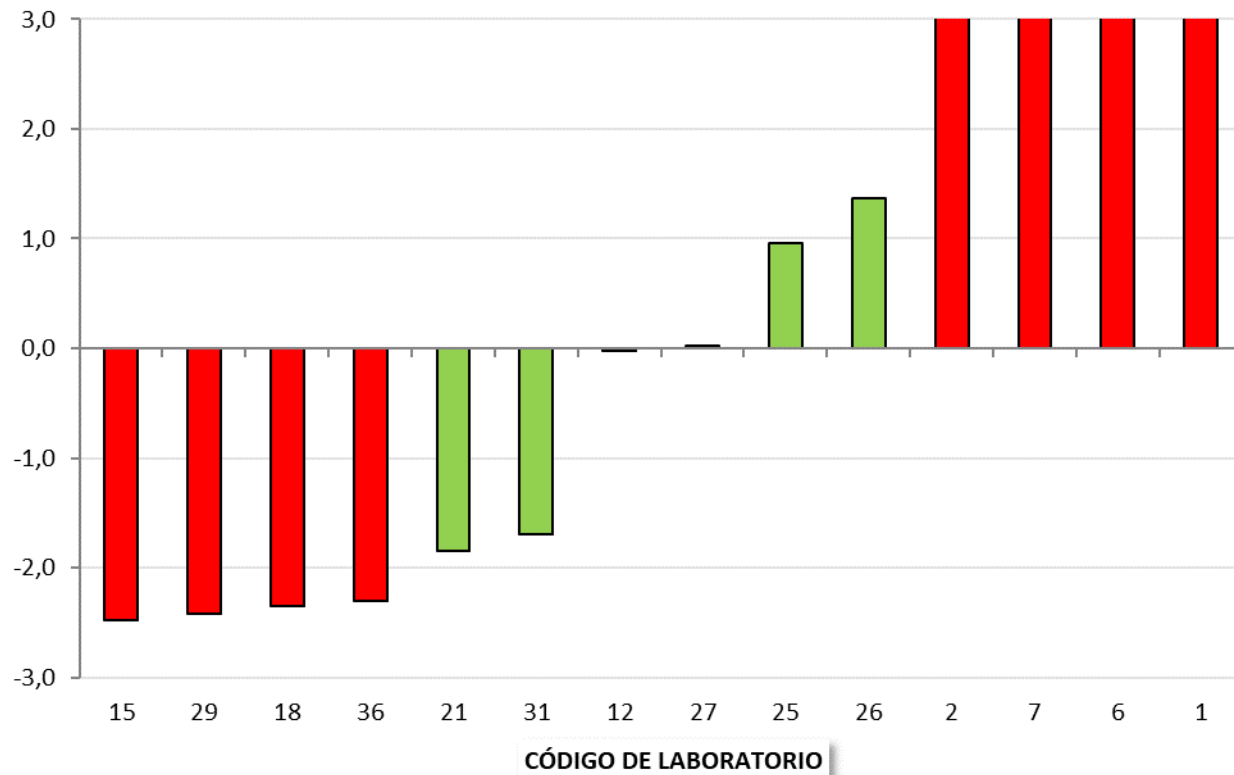


α_{Total} (Cenizas de alimentos)

ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)

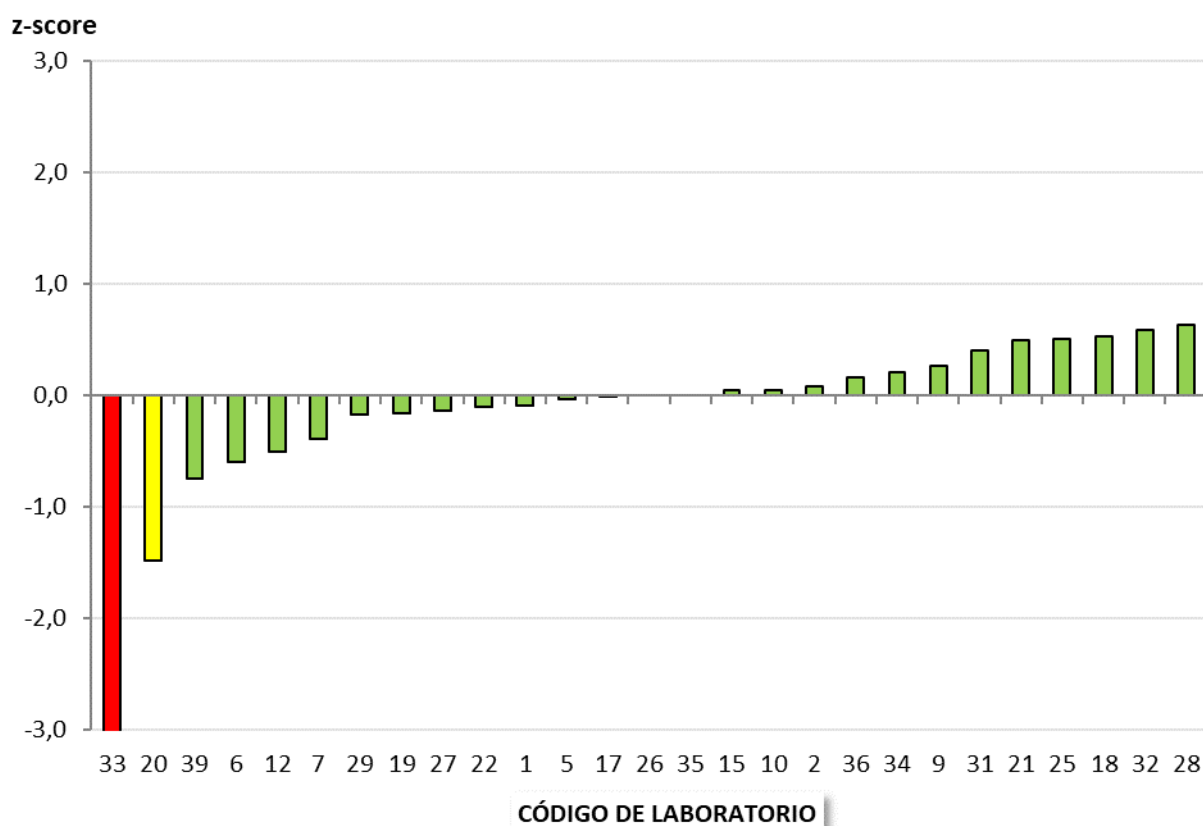
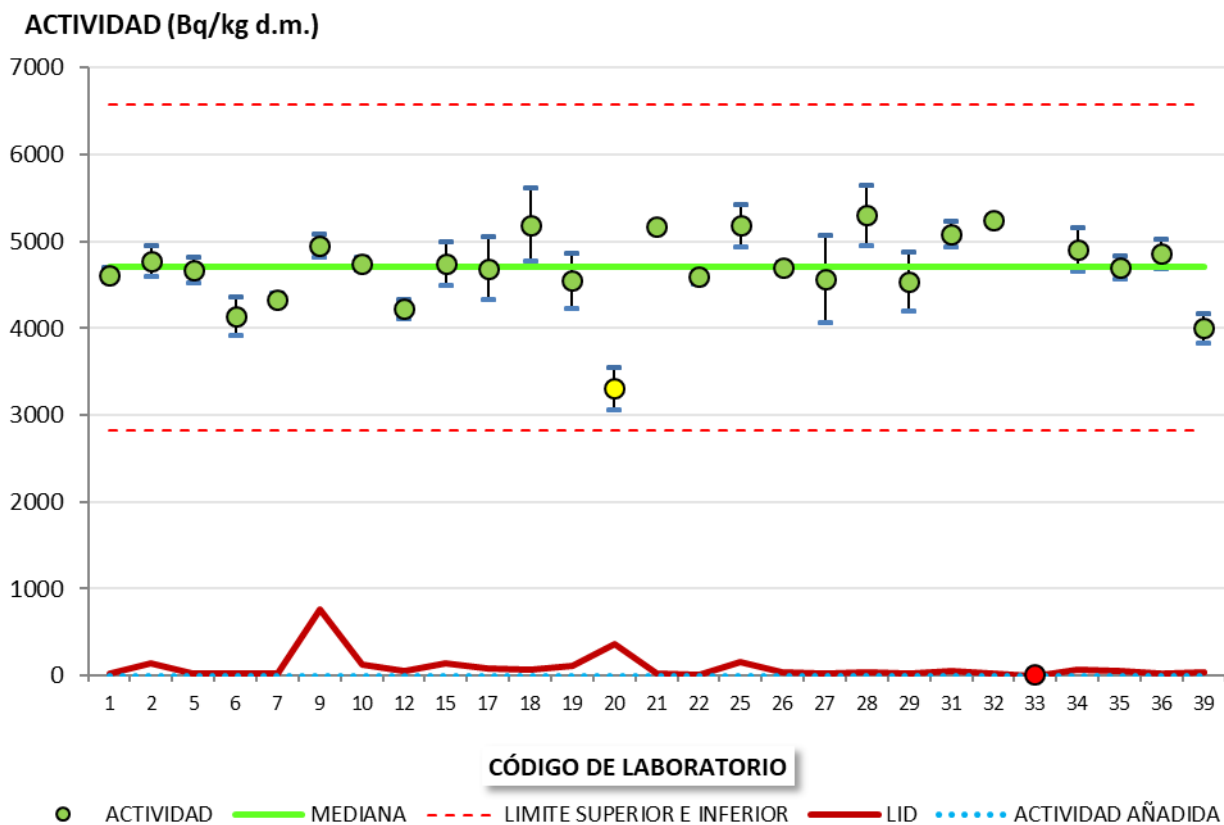


z-score



EVALUACIÓN DEL EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN 2023 ENTRE LABORATORIOS DE MEDIDA DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL
(Muestras de cenizas de alimentos y espinacas deshidratadas)

β_{Total} (Cenizas de alimentos)



ANEXO V. TABLAS DE VALORES INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 3 MESES (ESPINACAS DESHIDRATADAS)

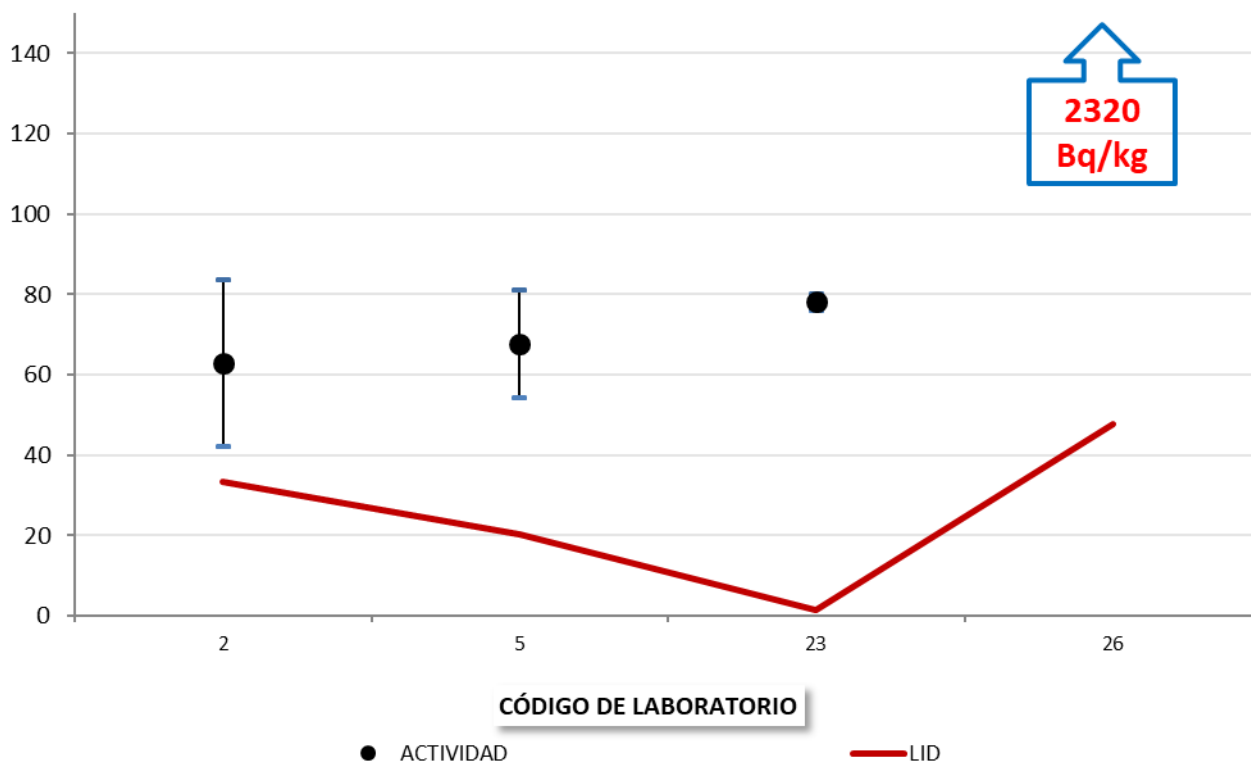
MATRIZ: Espinacas deshidratadas Determinación: ^{14}C				NUMERO DE PARTICIPANTES: 4							
CÓDIGO Laboratorio	RESULTADOS			DATOS GENERALES							OBSERVACIONES
	Actividad (Bq/kg d.m.)	U (k=2) (Bq/kg d.m.)	LID (Bq/kg d.m.)	Nº det.	Cálculo U (I,S)	Método	Alícuota (g)	Detector	Programa análisis	Tiempo de medida (s)	
2	6,28E+01	2,07E+01	3,32E+01	3	I	Otros	1,00	CL - Centelleo Líquido	Propio	36000	COMBUSTION
5	6,76E+01	1,34E+01	2,04E+01	1	I	SR	0,45	CL - Centelleo Líquido	Propio	39400	
23	7,82E+01	2,07E+00	1,46E+00	1		Otros	6,10	CL - Centelleo Líquido	Propio	42000	
26	2,32E+03	2,45E+02	4,78E+01	3		Otros	0,16	CL - Centelleo Líquido	Excel	84000	

Combustión, recogida de los gases en una disolución básica de precipitación (NH_4OH + CaCl_2 +metanol), precipitación como carbonato, centrifugación y secado y pasar a un vial de centelleo líquido para su medida

ANEXO VI. GRÁFICAS DE RESULTADOS Y DE EVALUACIÓN DE LOS VALORES INFORMADOS EN UN PLAZO MÁXIMO DE 3 MESES (ESPINACAS DESHIDRATADAS)

^{14}C (Espinacas deshidratadas)

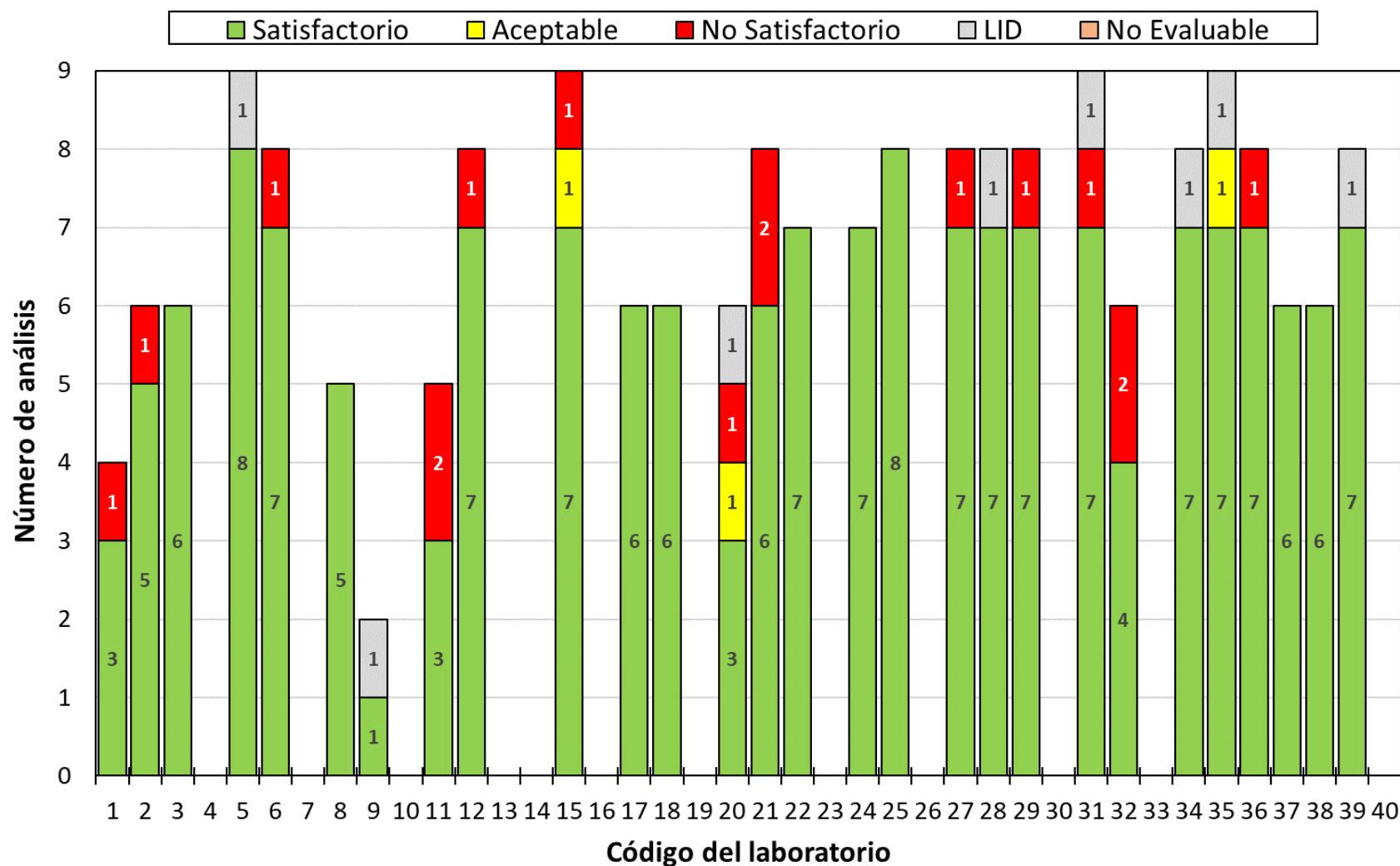
ACTIVIDAD (Bq/kg d.m.)



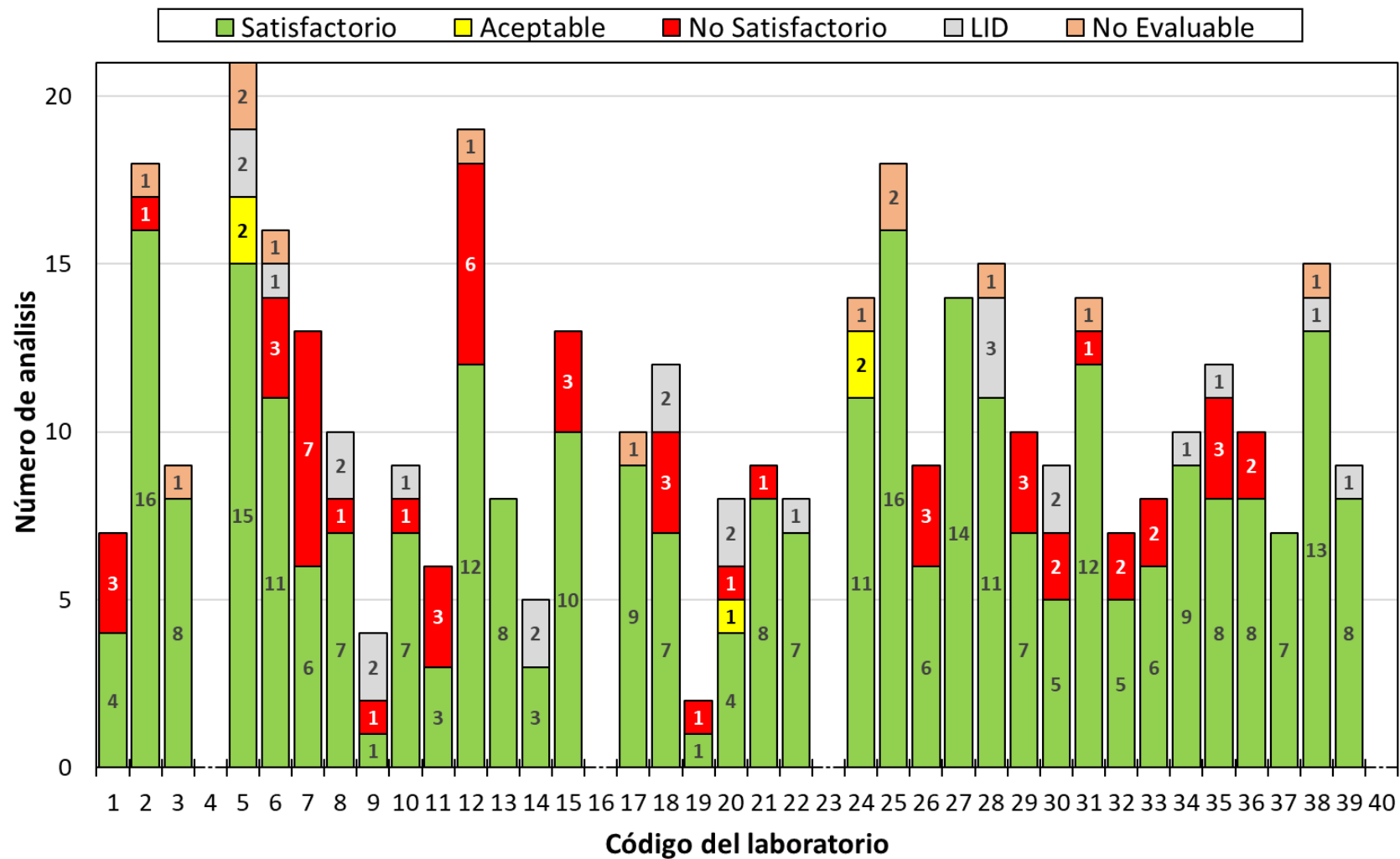
NO EVALUABLE

ANEXO VII. GRÁFICOS RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES LABORATORIOS PARA LA MUESTRA DE CENIZAS DE ALIMENTOS PARA LOS PLAZOS DE 72 HORAS Y 2 MESES

Plazo de 72 horas

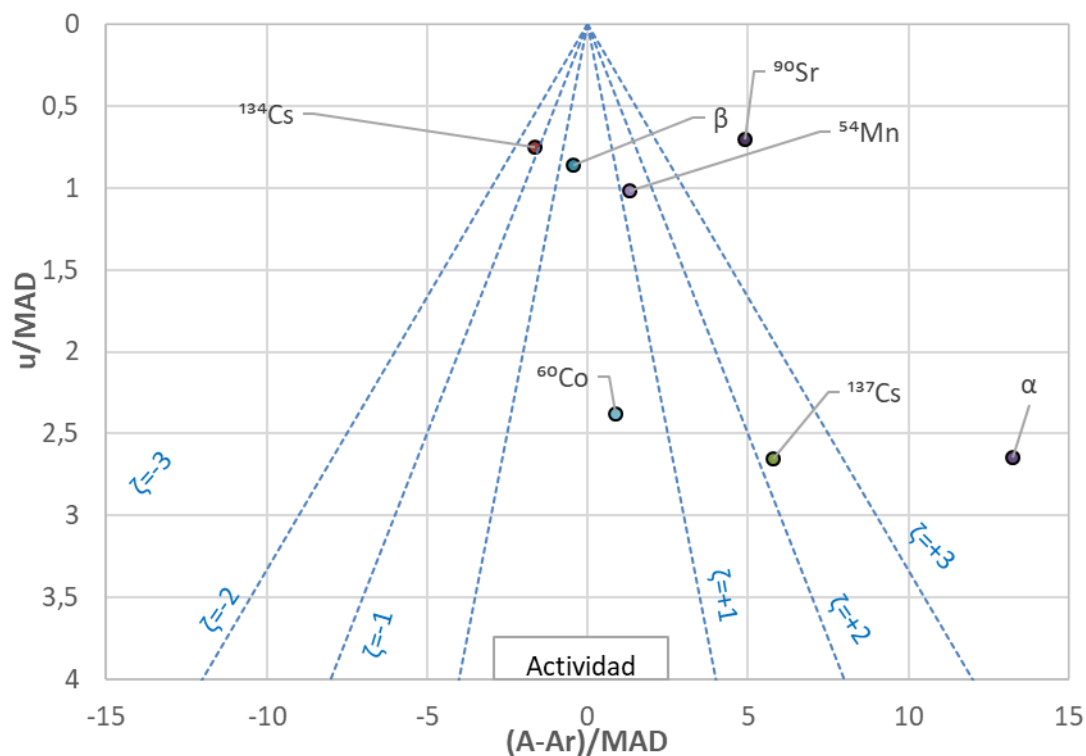


Plazo de 3 meses

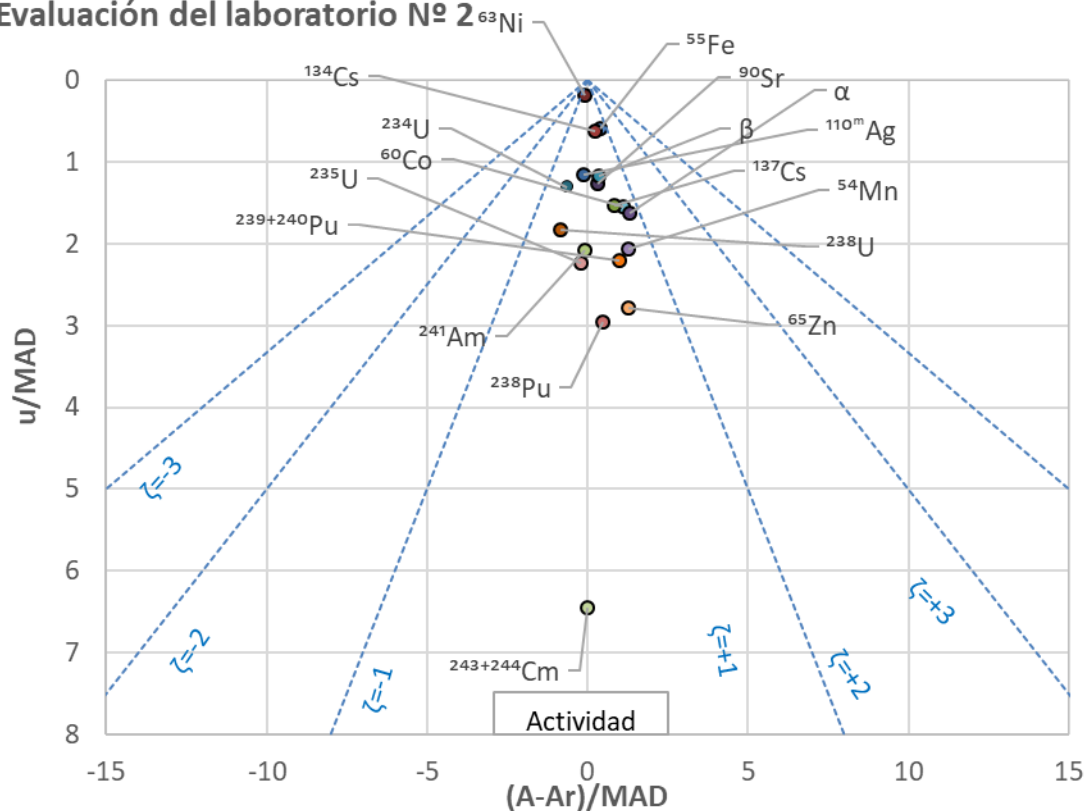


ANEXO VIII. EVALUACIÓN INDIVIDUAL CON GRÁFICOS PomPlots

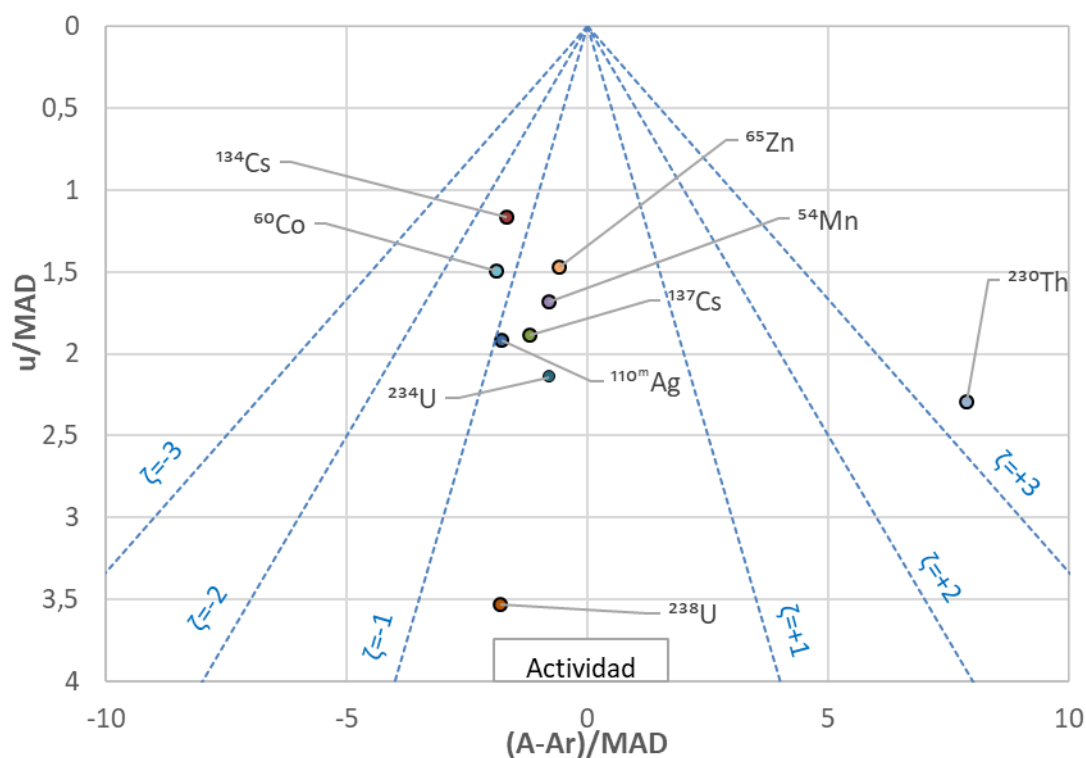
Evaluación del laboratorio Nº 1



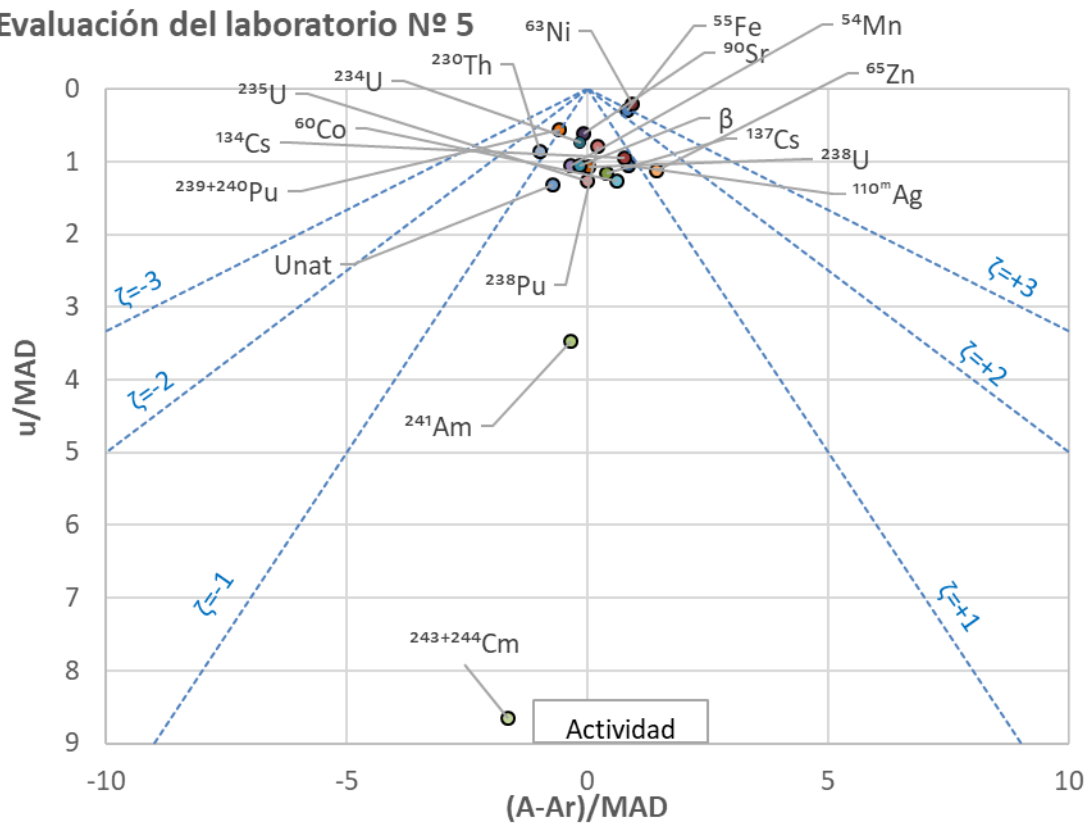
Evaluación del laboratorio Nº 2



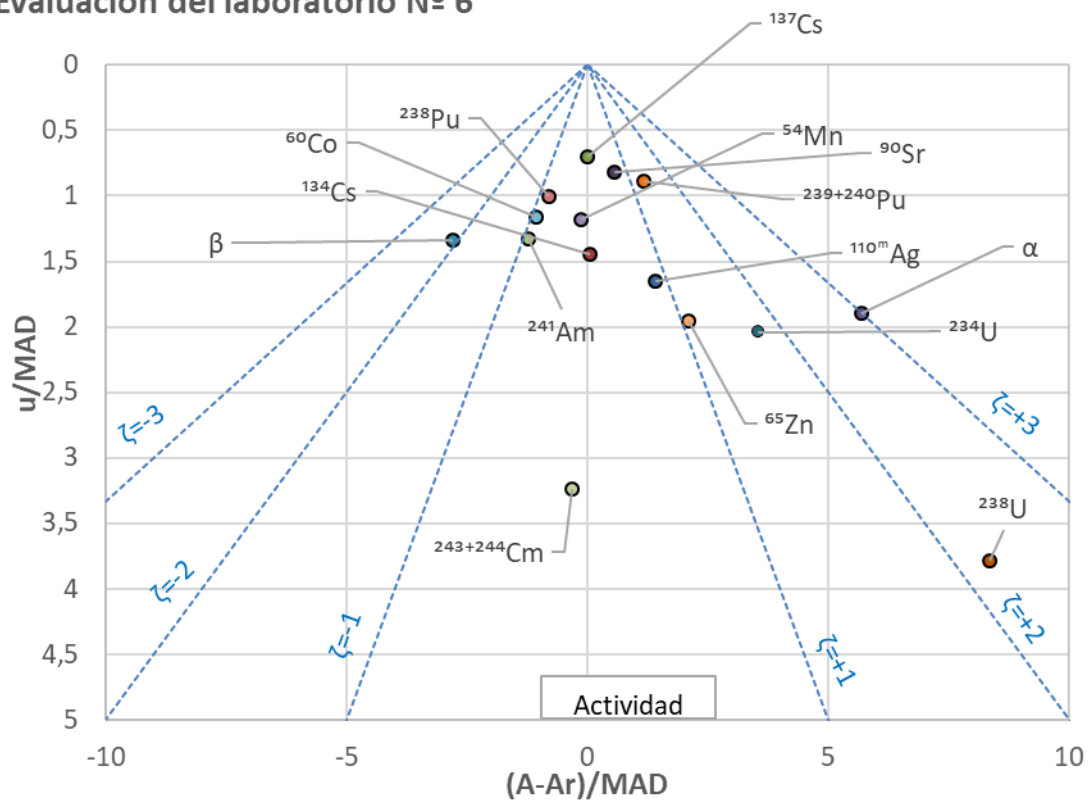
Evaluación del laboratorio Nº 3



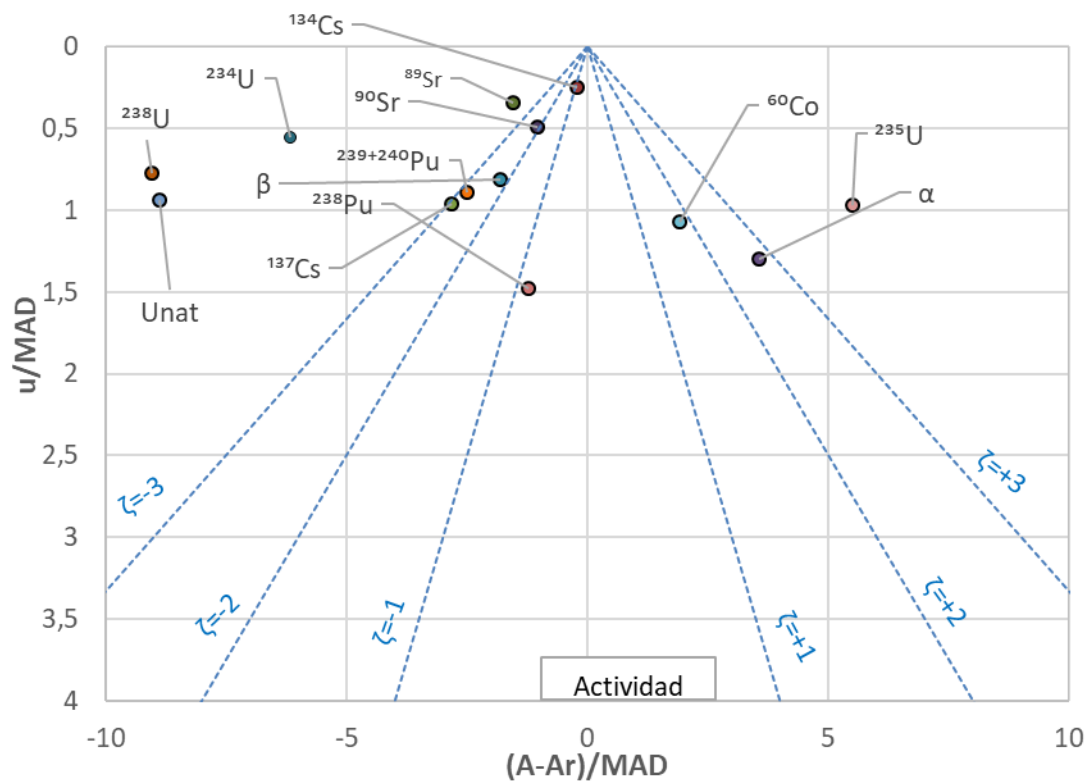
Evaluación del laboratorio Nº 5



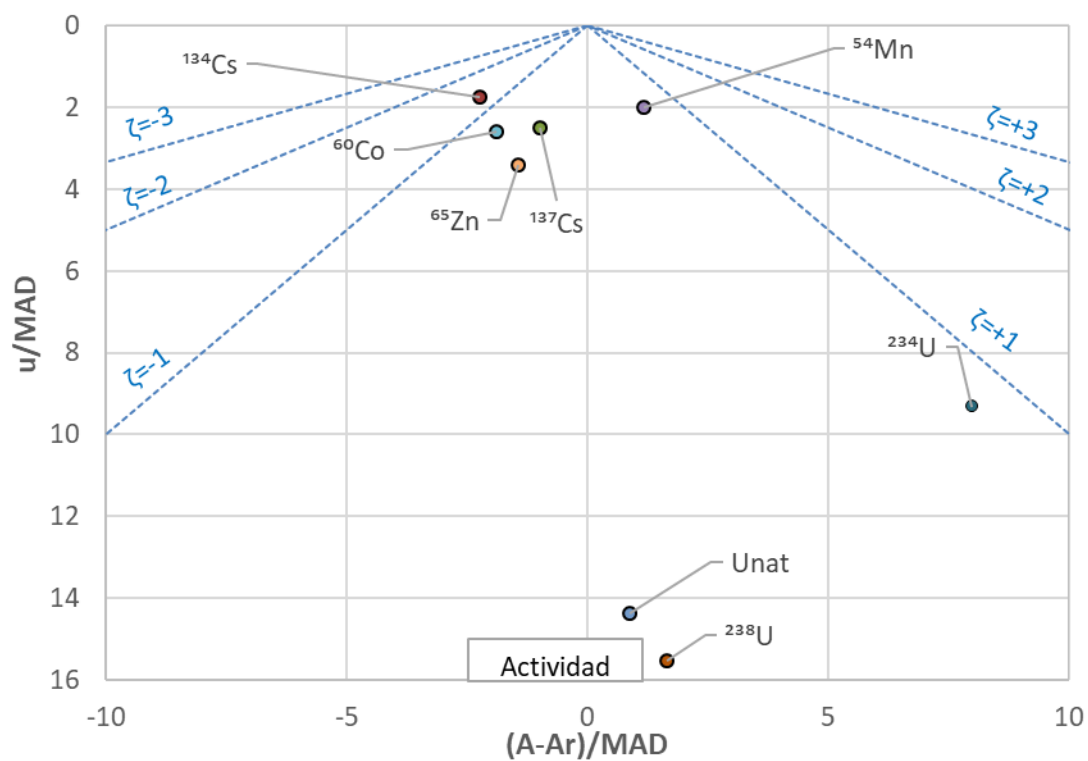
Evaluación del laboratorio N° 6



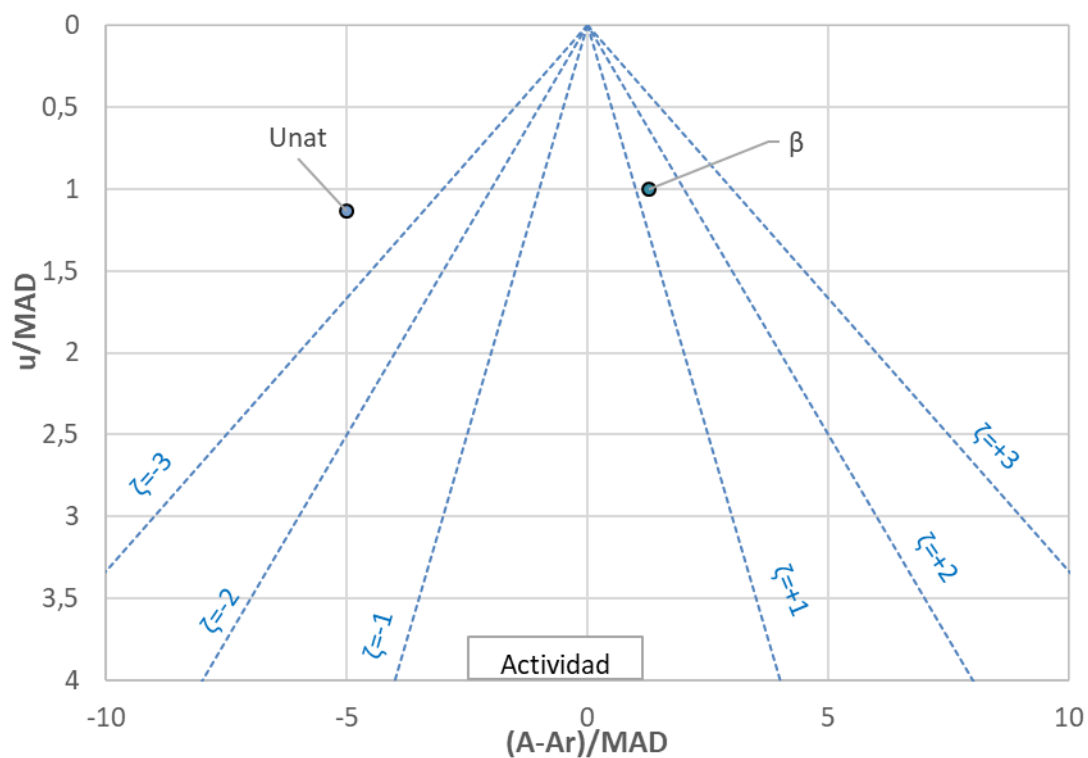
Evaluación del laboratorio N° 7



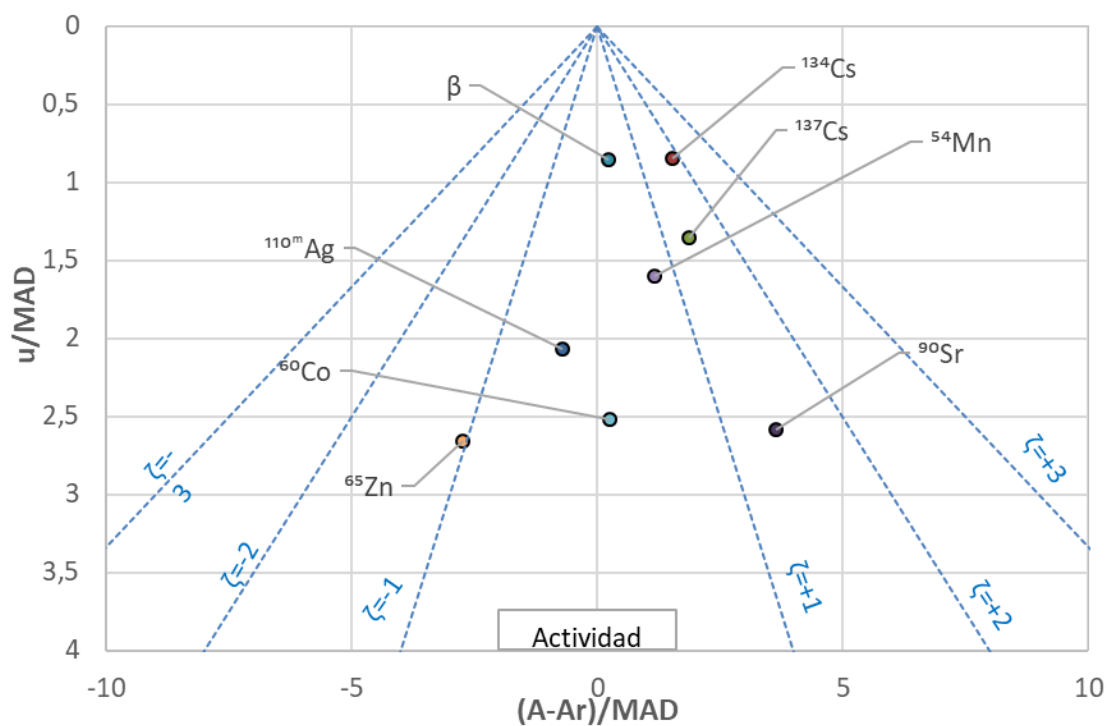
Evaluación del laboratorio N° 8



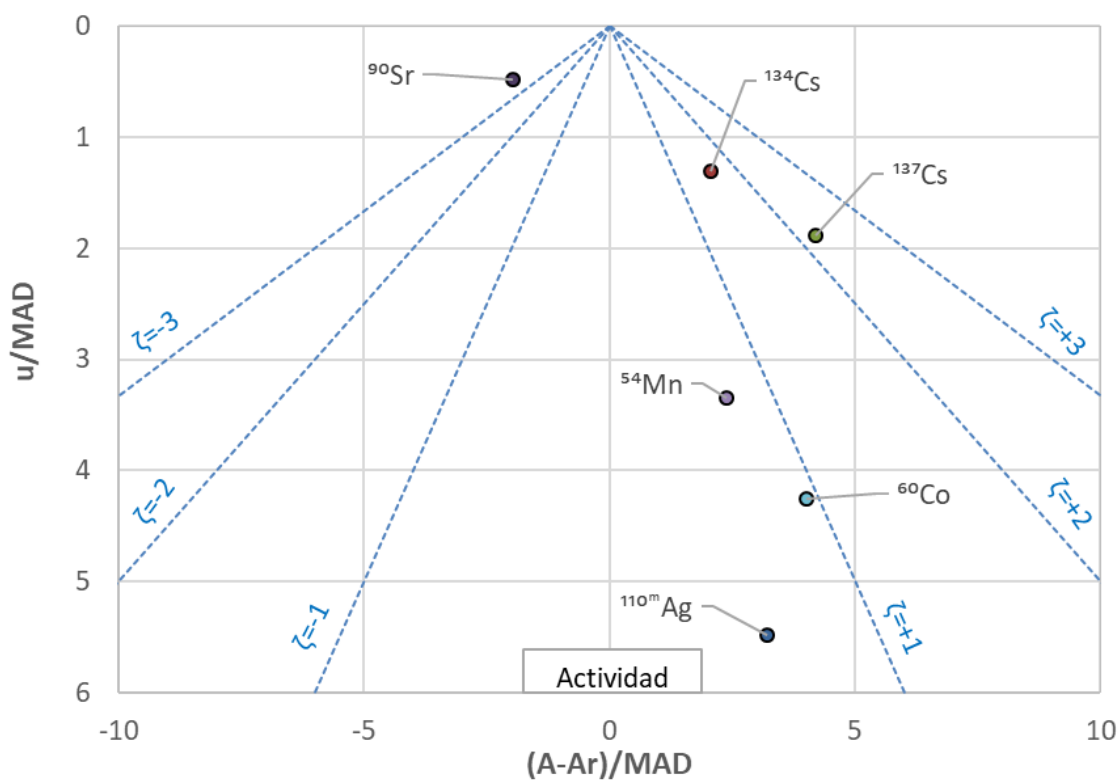
Evaluación del laboratorio N° 9



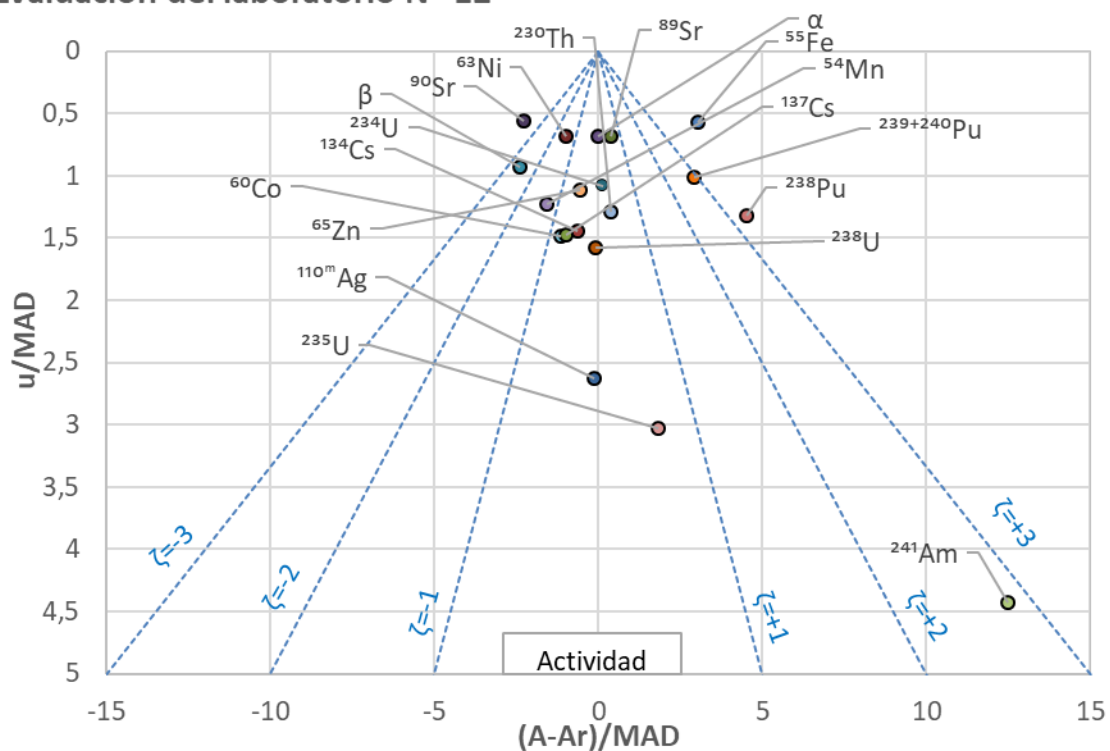
Evaluación del laboratorio Nº 10



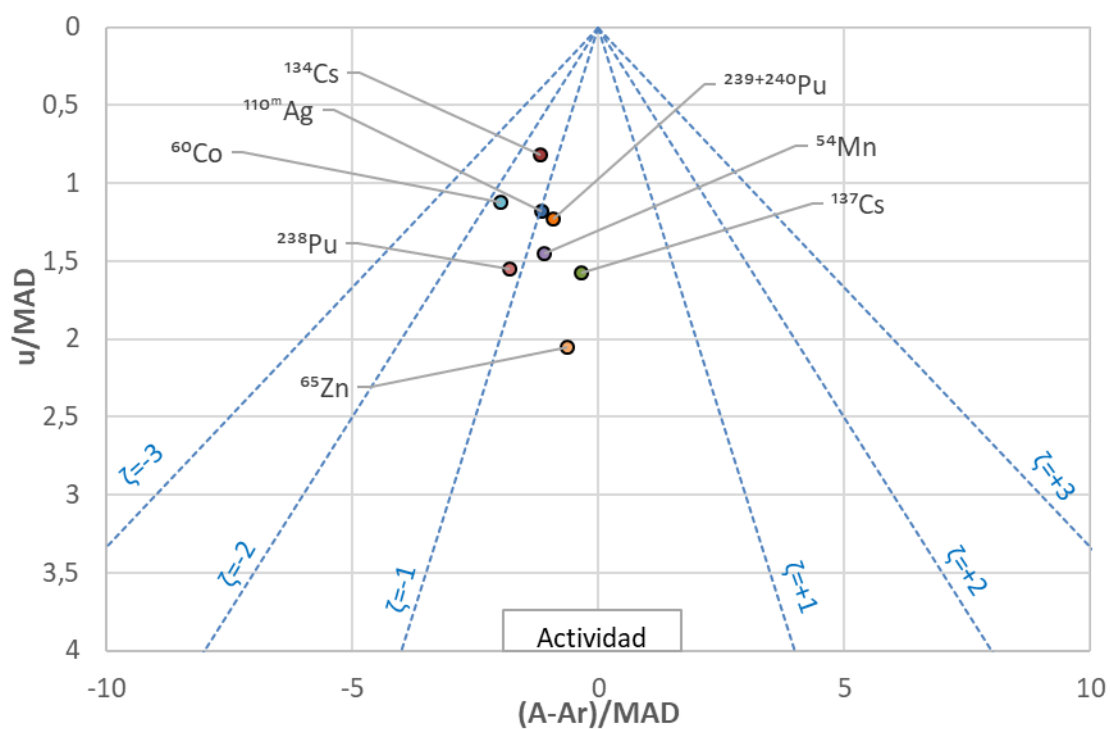
Evaluación del laboratorio Nº 11



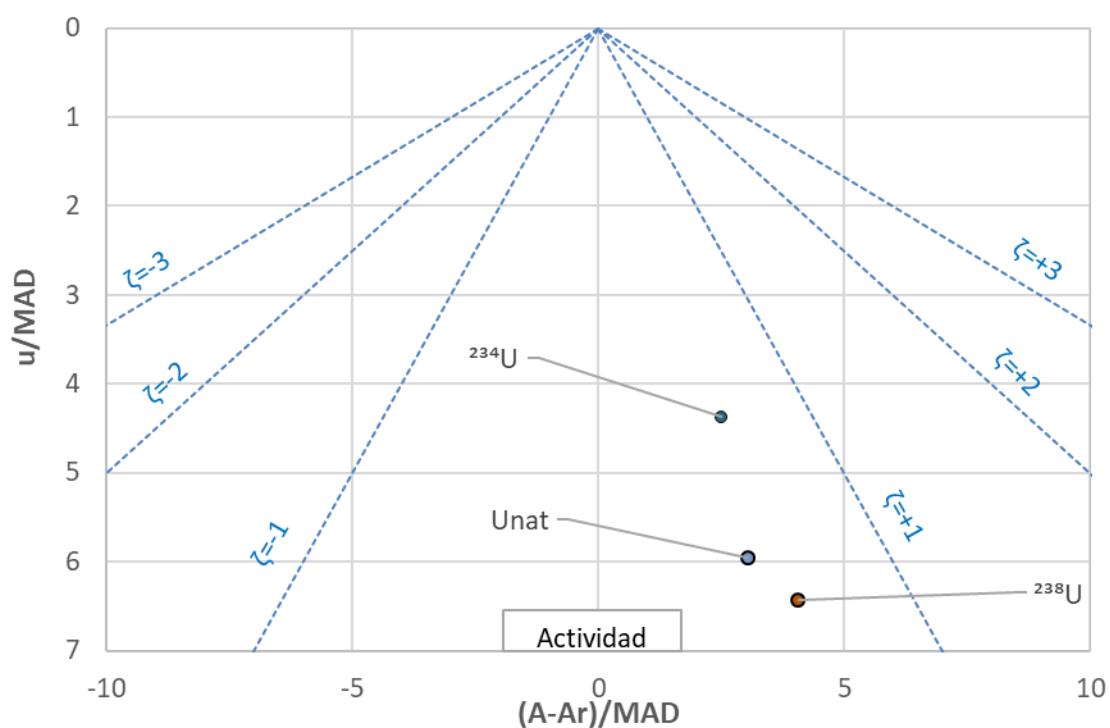
Evaluación del laboratorio Nº 12



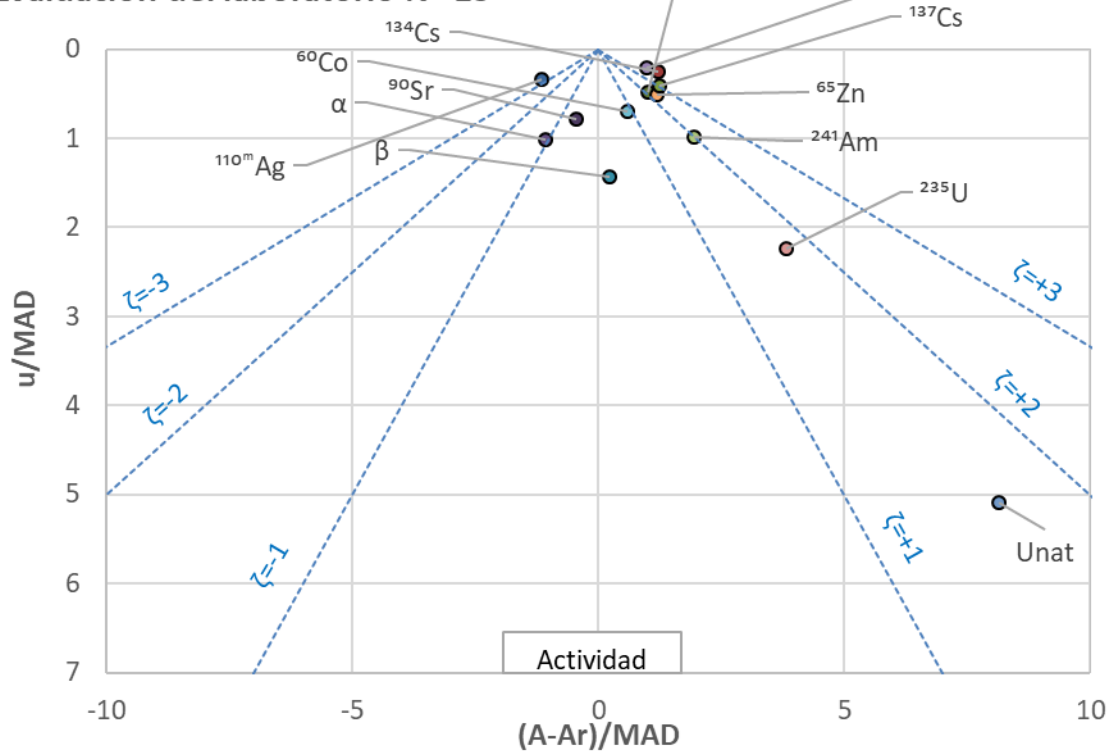
Evaluación del laboratorio Nº 13



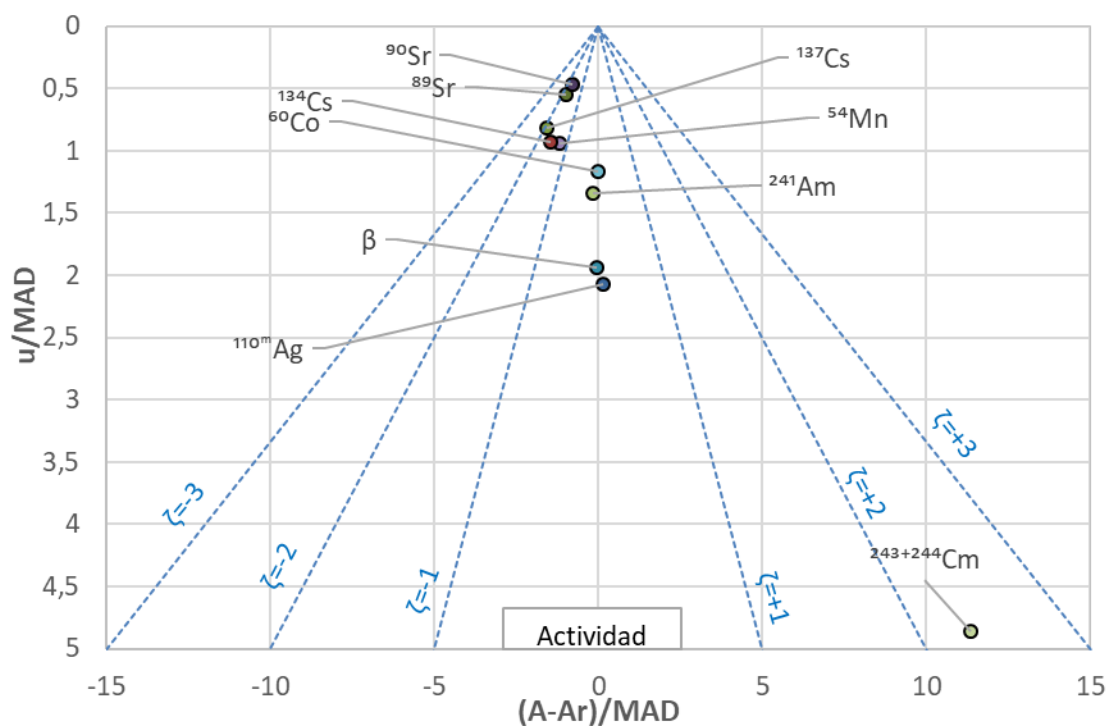
Evaluación del laboratorio Nº 14



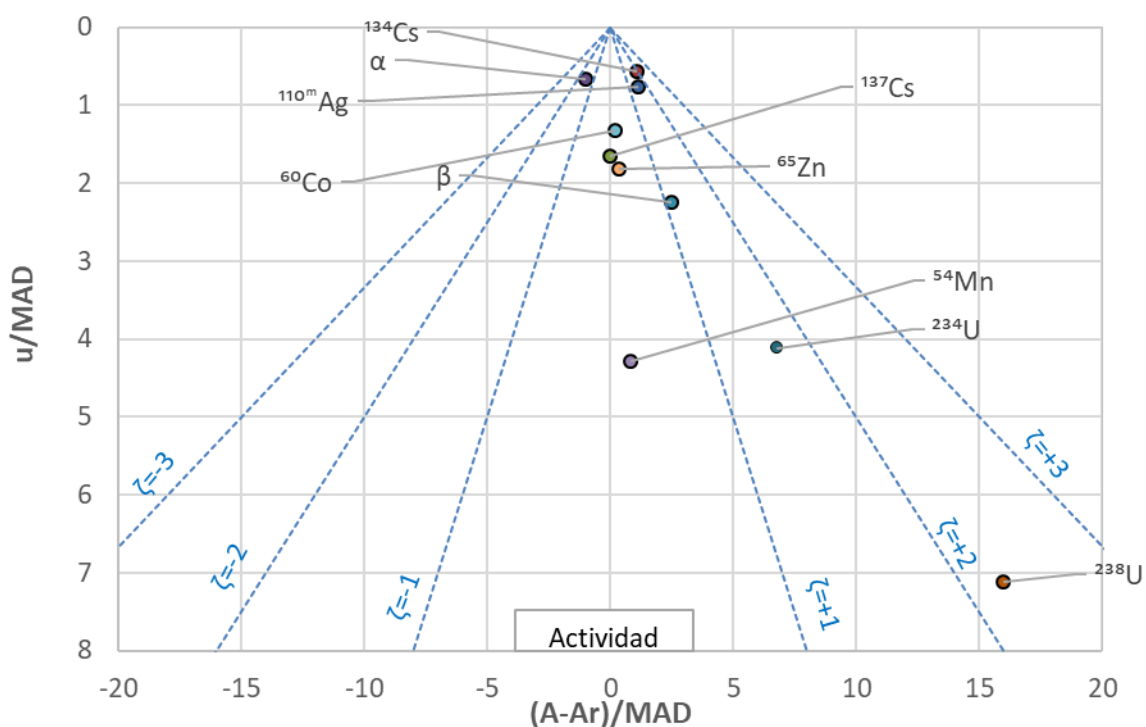
Evaluación del laboratorio Nº 15



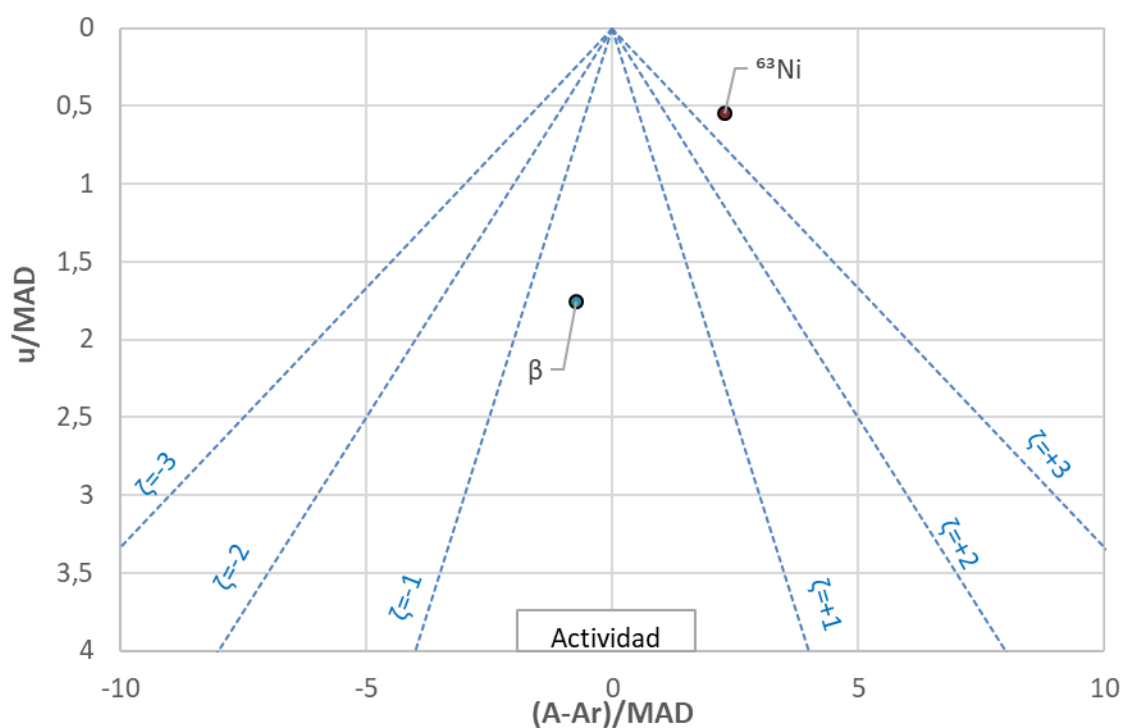
Evaluación del laboratorio Nº 17



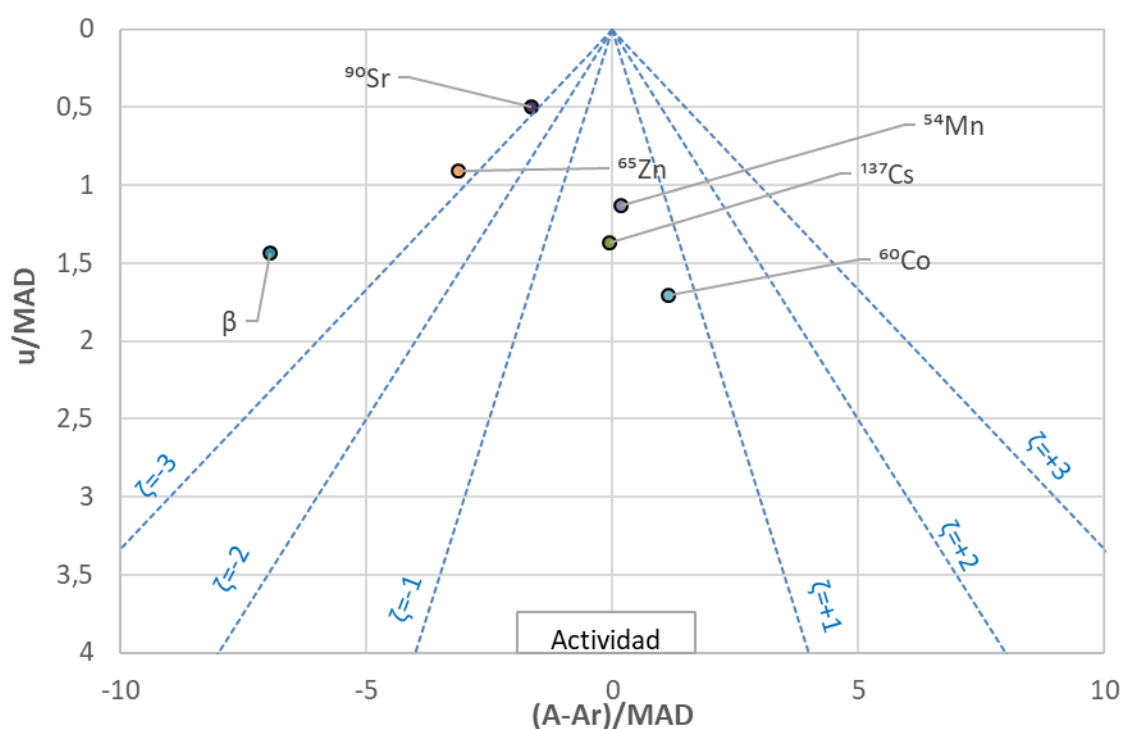
Evaluación del laboratorio Nº 18



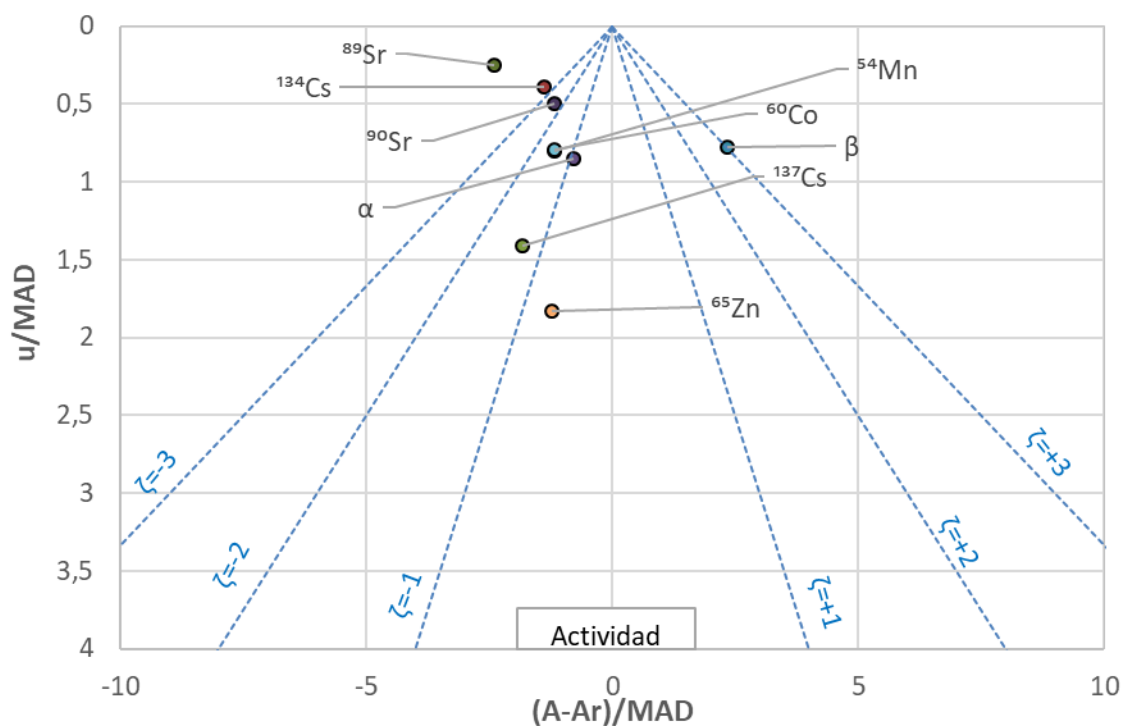
Evaluación del laboratorio Nº 19



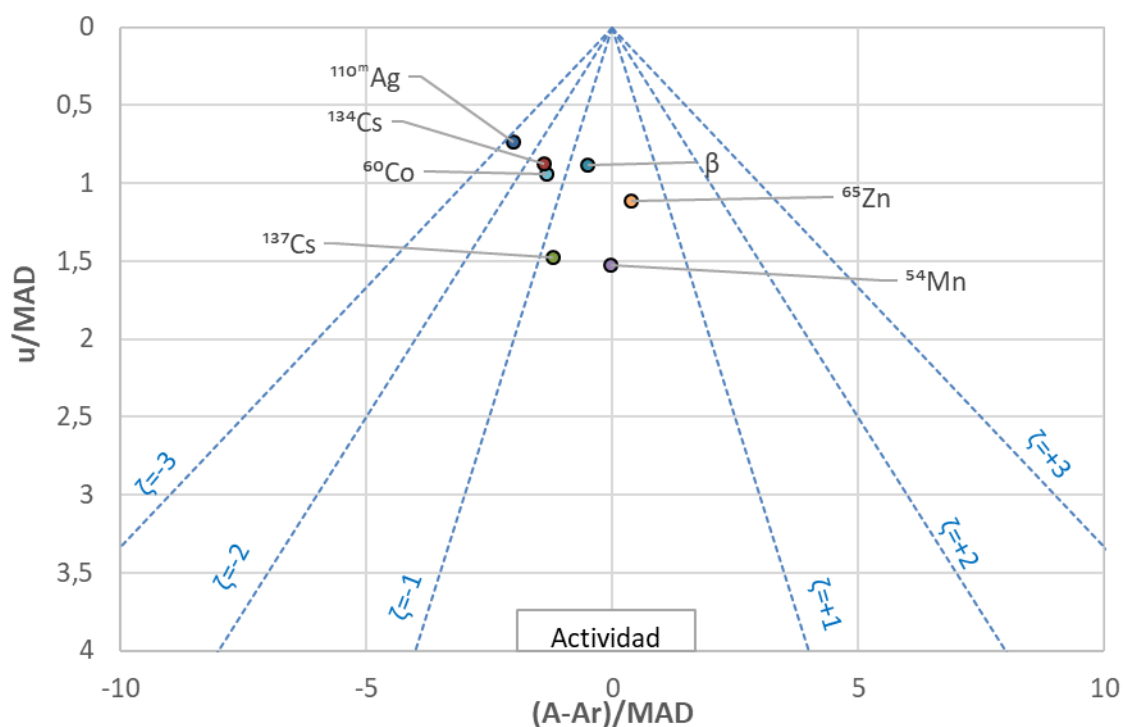
Evaluación del laboratorio Nº 20



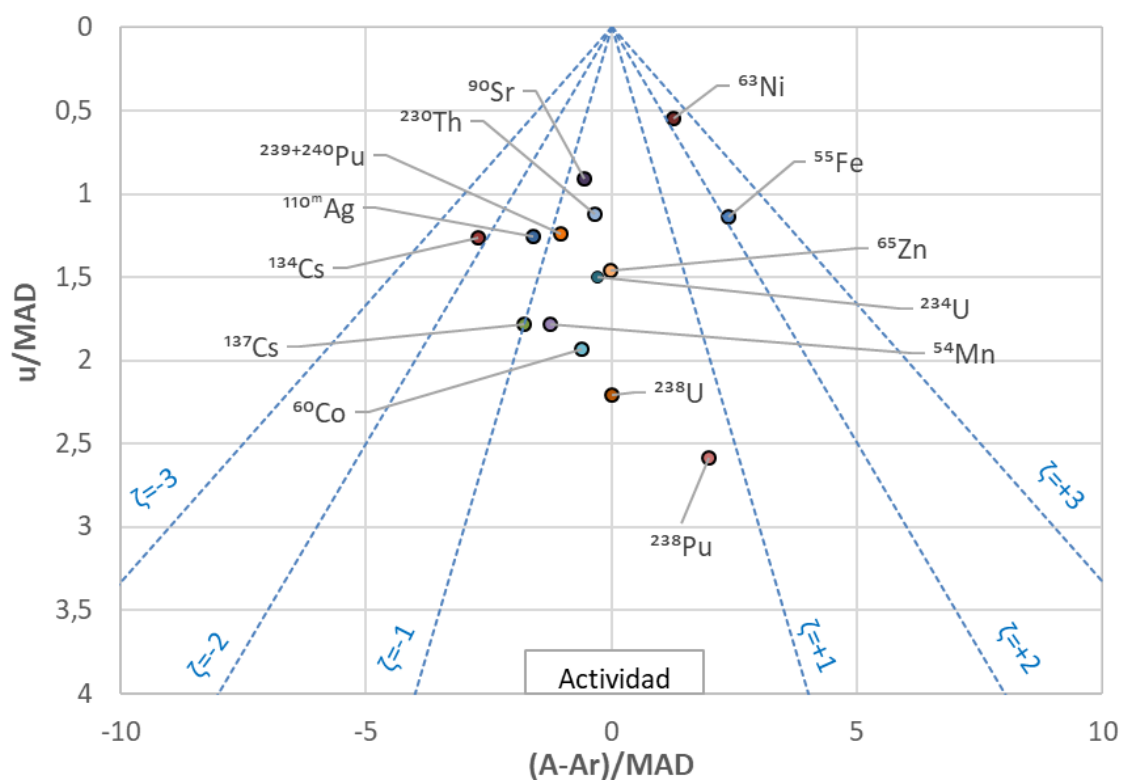
Evaluación del laboratorio N° 21



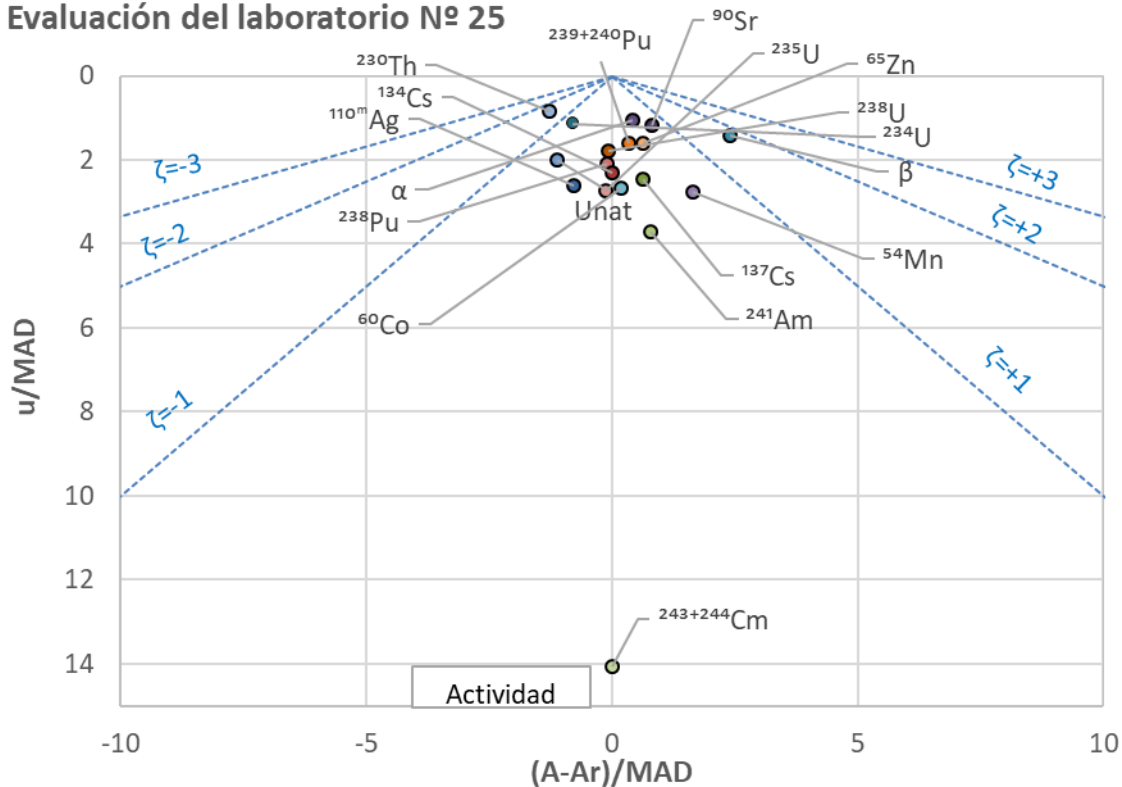
Evaluación del laboratorio N° 22



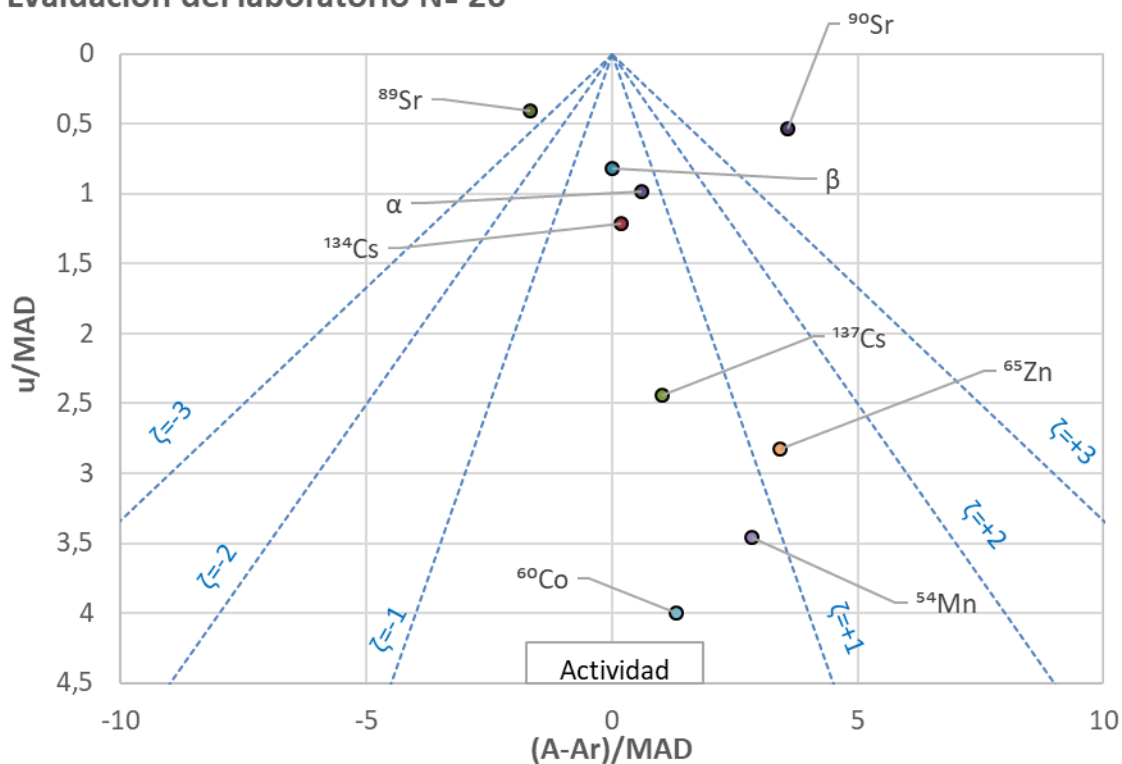
Evaluación del laboratorio Nº 24



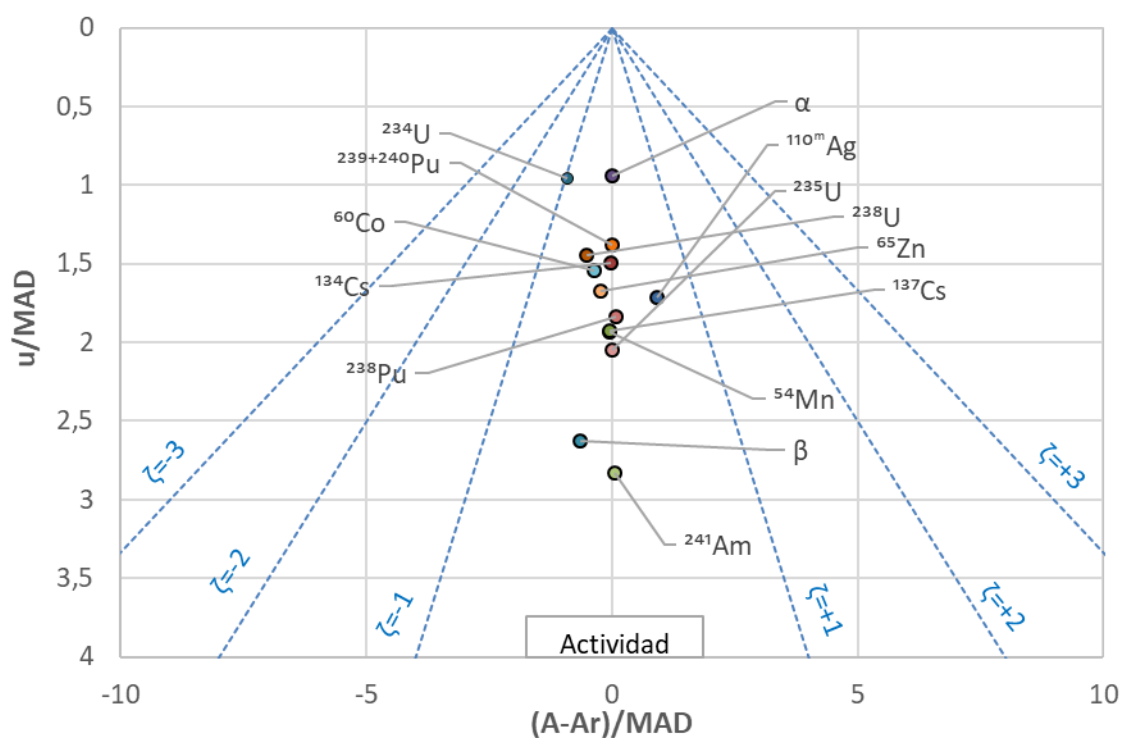
Evaluación del laboratorio Nº 25



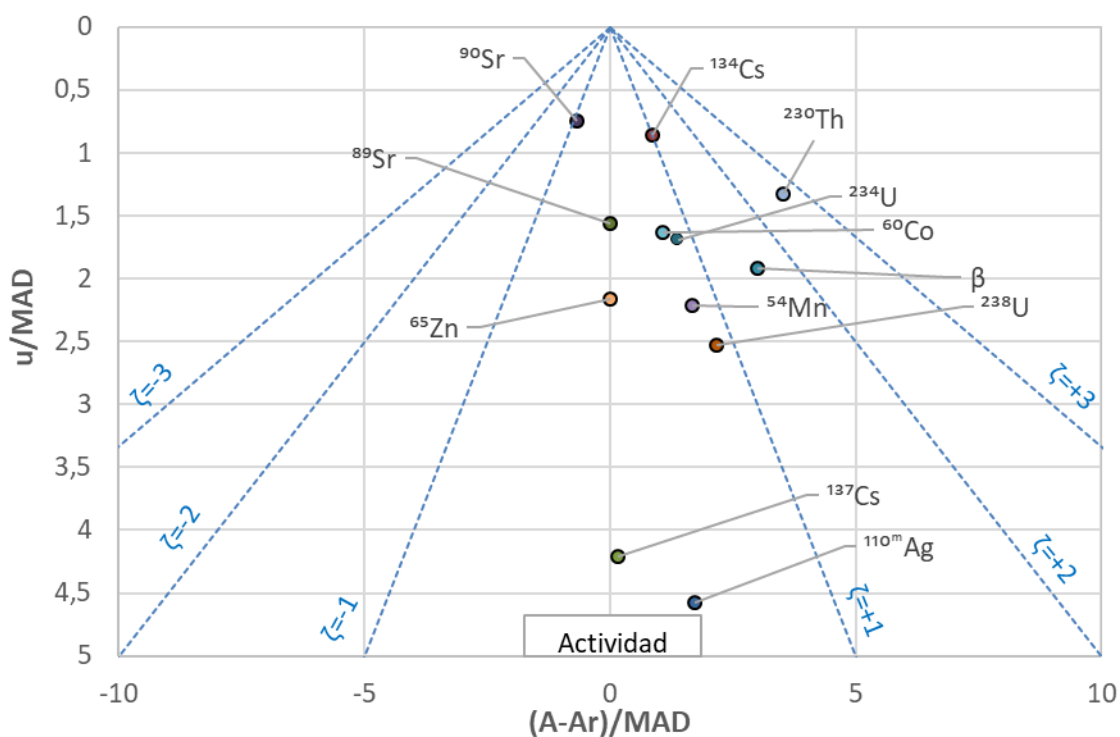
Evaluación del laboratorio N° 26



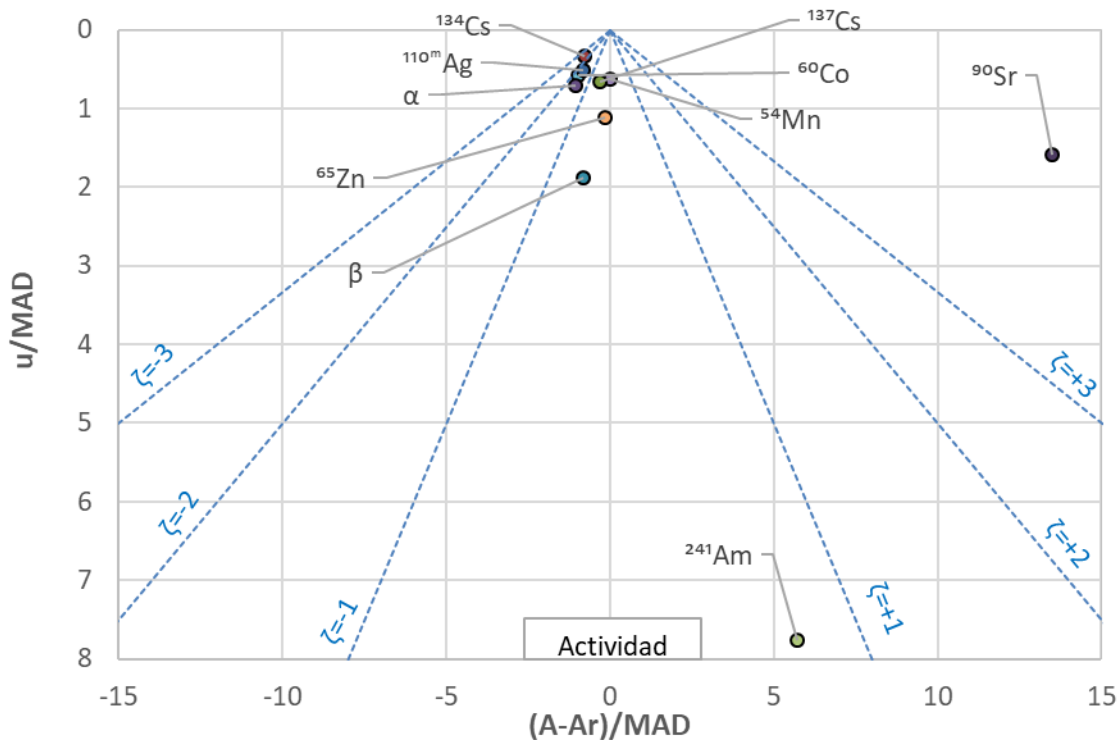
Evaluación del laboratorio N° 27



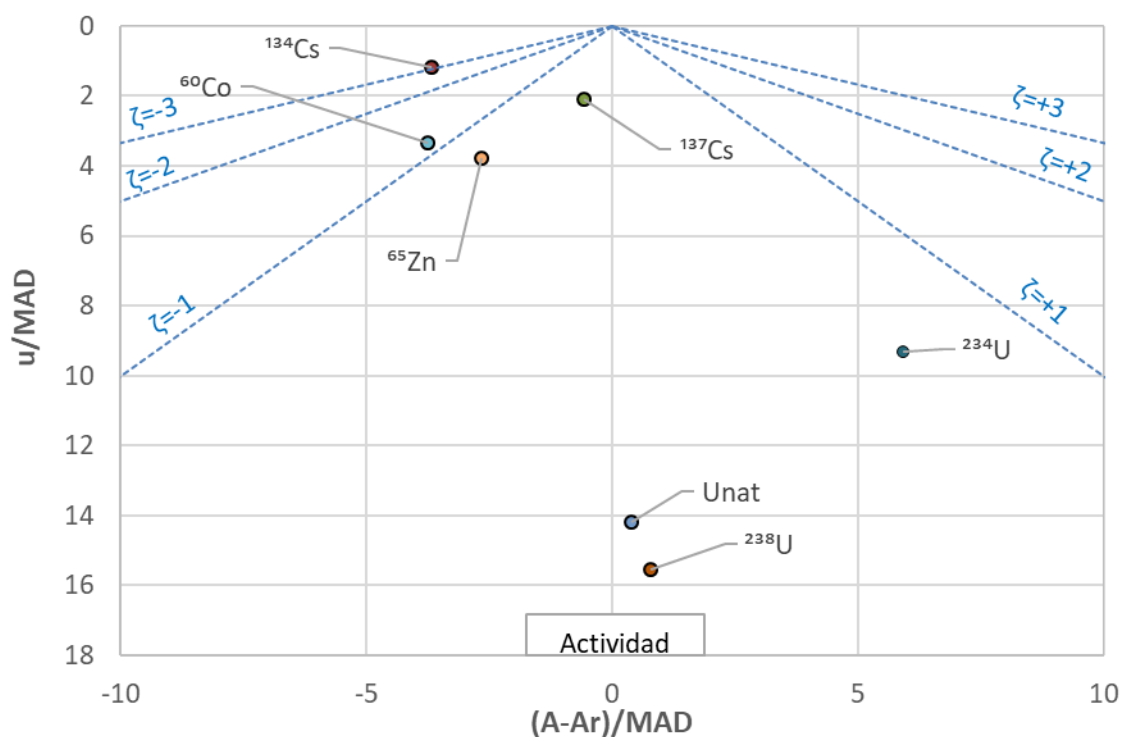
Evaluación del laboratorio Nº 28



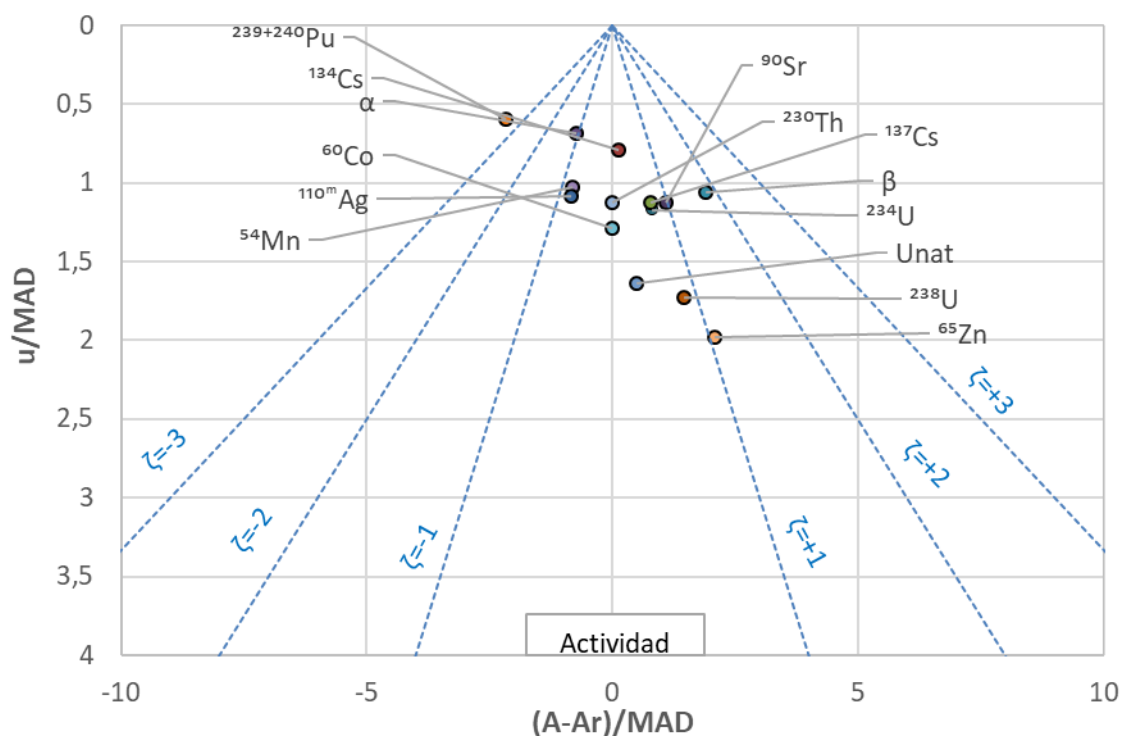
Evaluación del laboratorio Nº 29



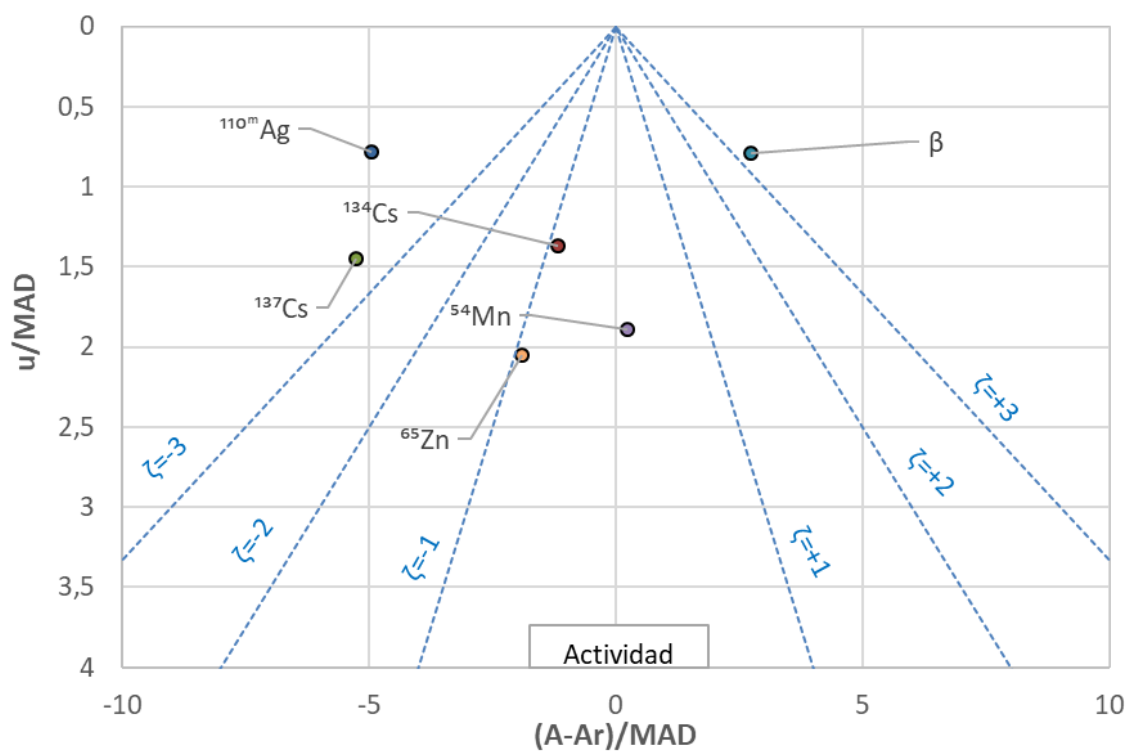
Evaluación del laboratorio N° 30



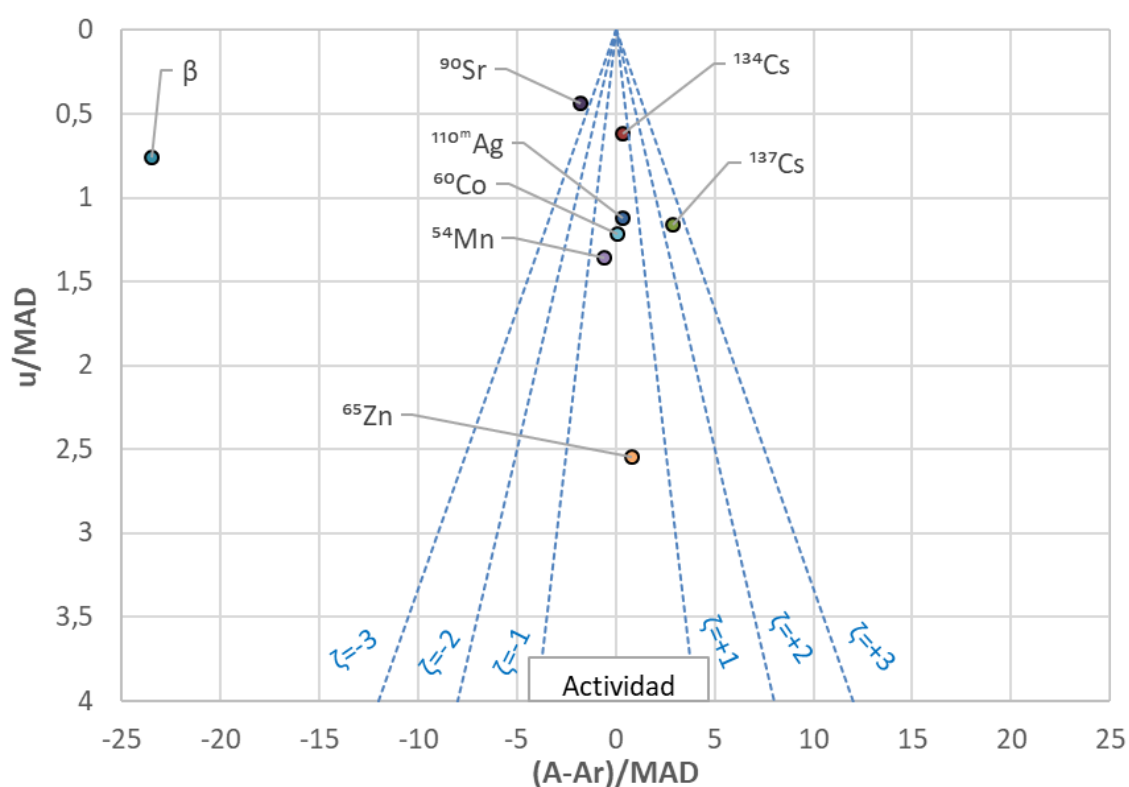
Evaluación del laboratorio N° 31



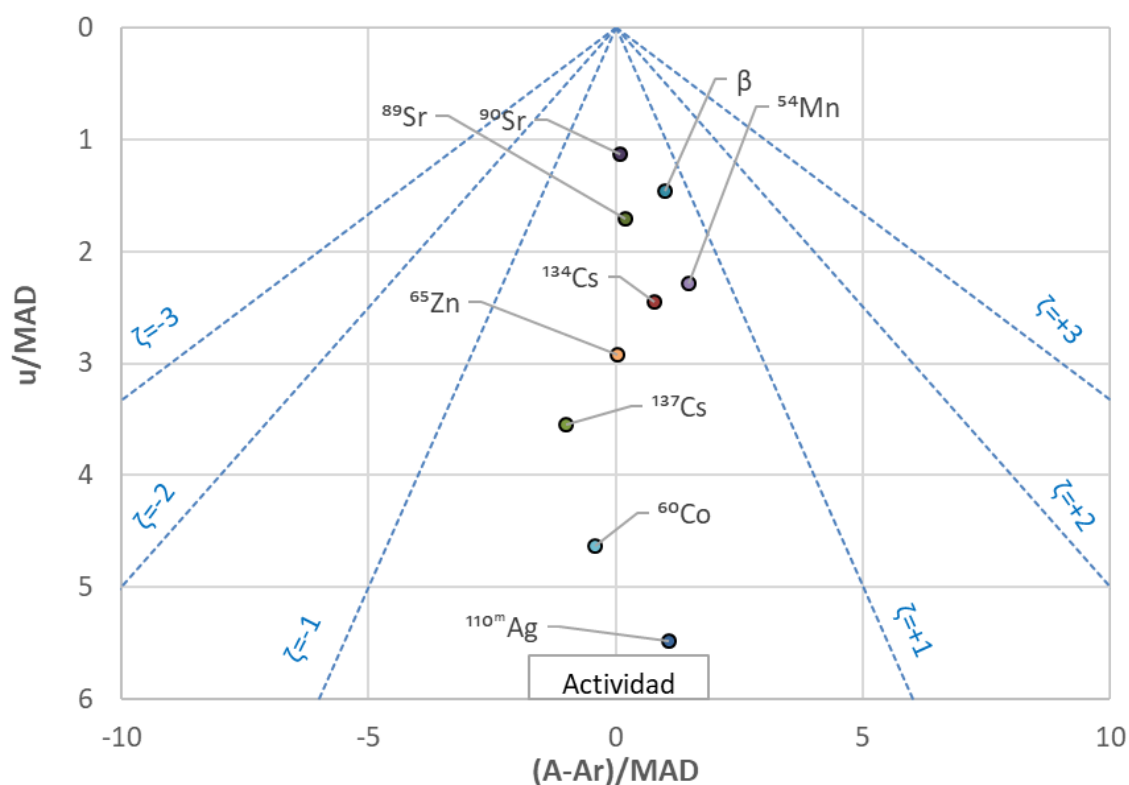
Evaluación del laboratorio Nº 32



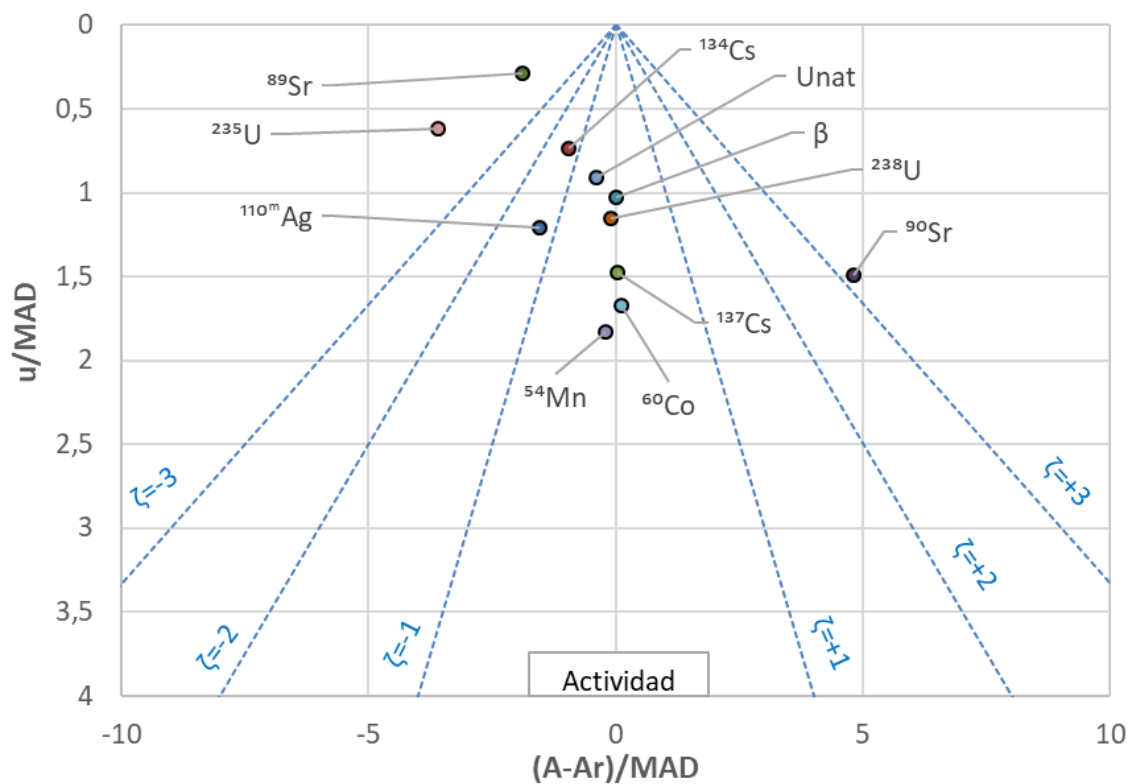
Evaluación del laboratorio Nº 33



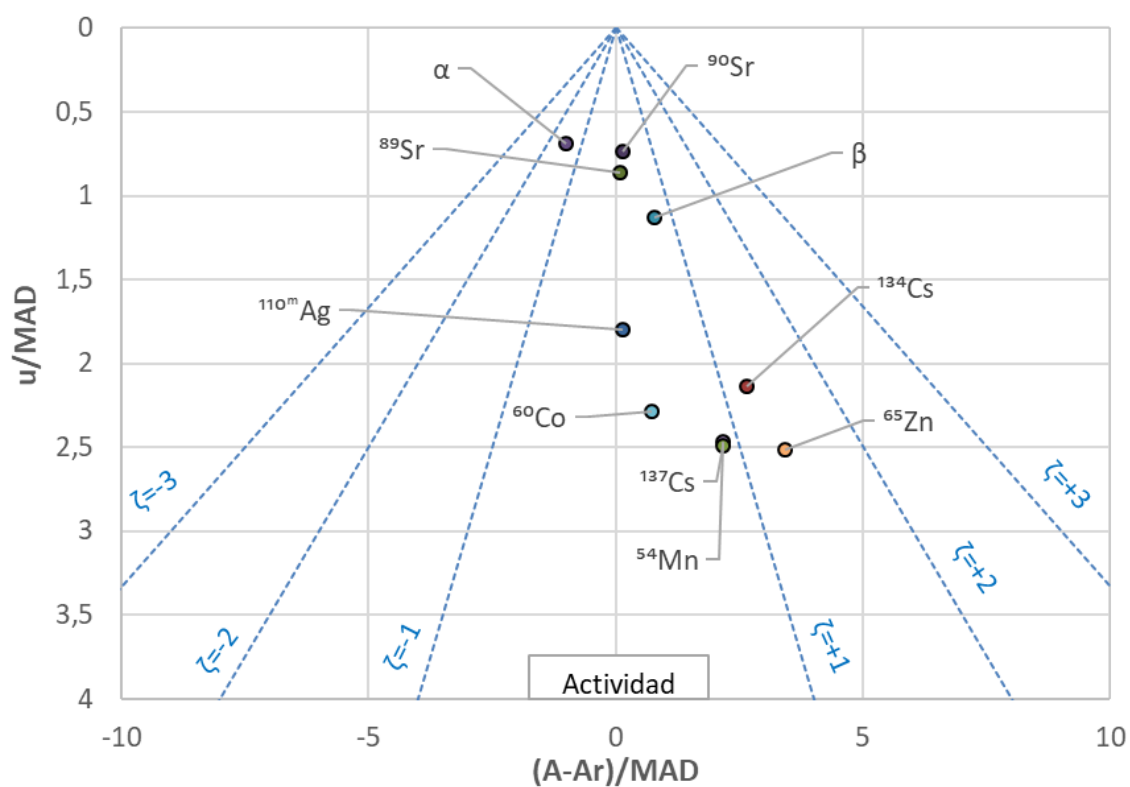
Evaluación del laboratorio N° 34



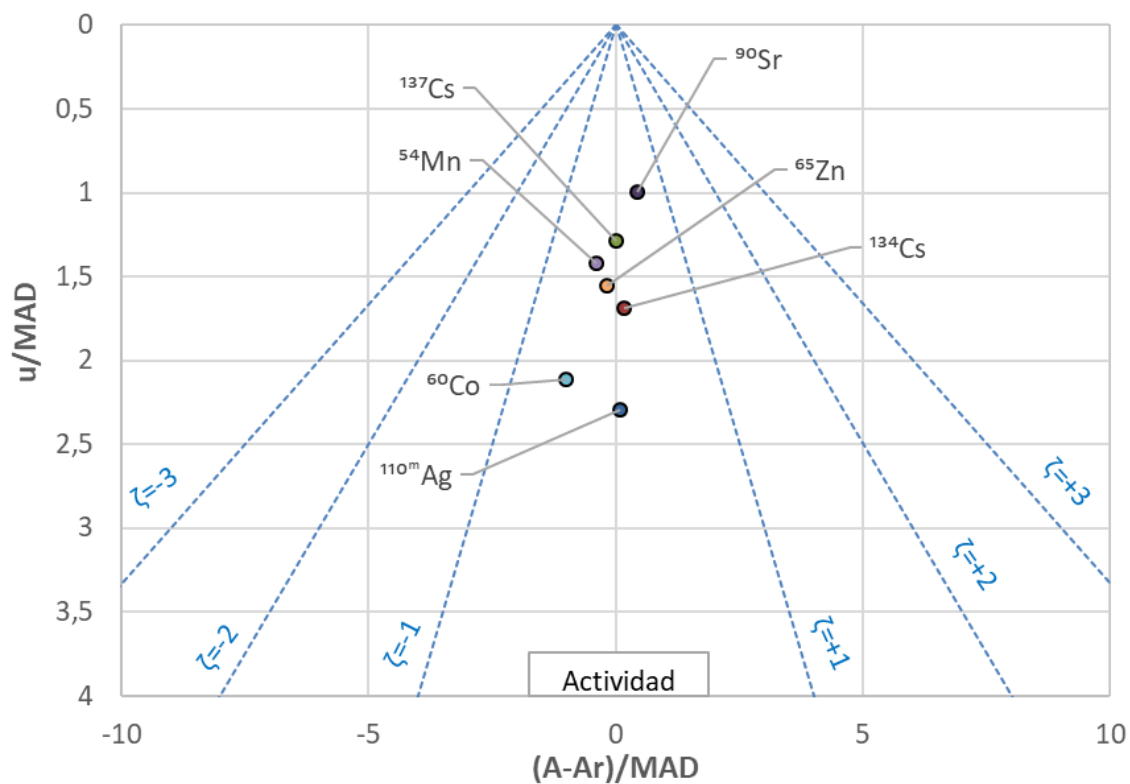
Evaluación del laboratorio N° 35



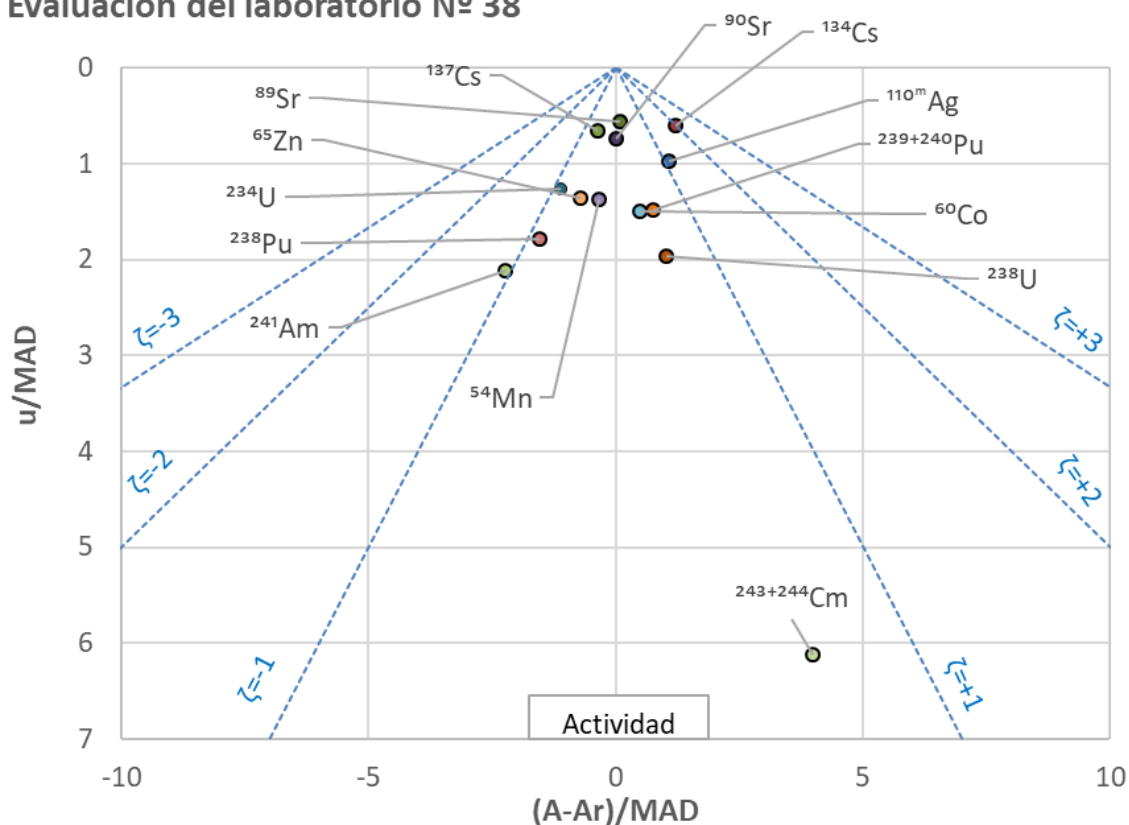
Evaluación del laboratorio N° 36



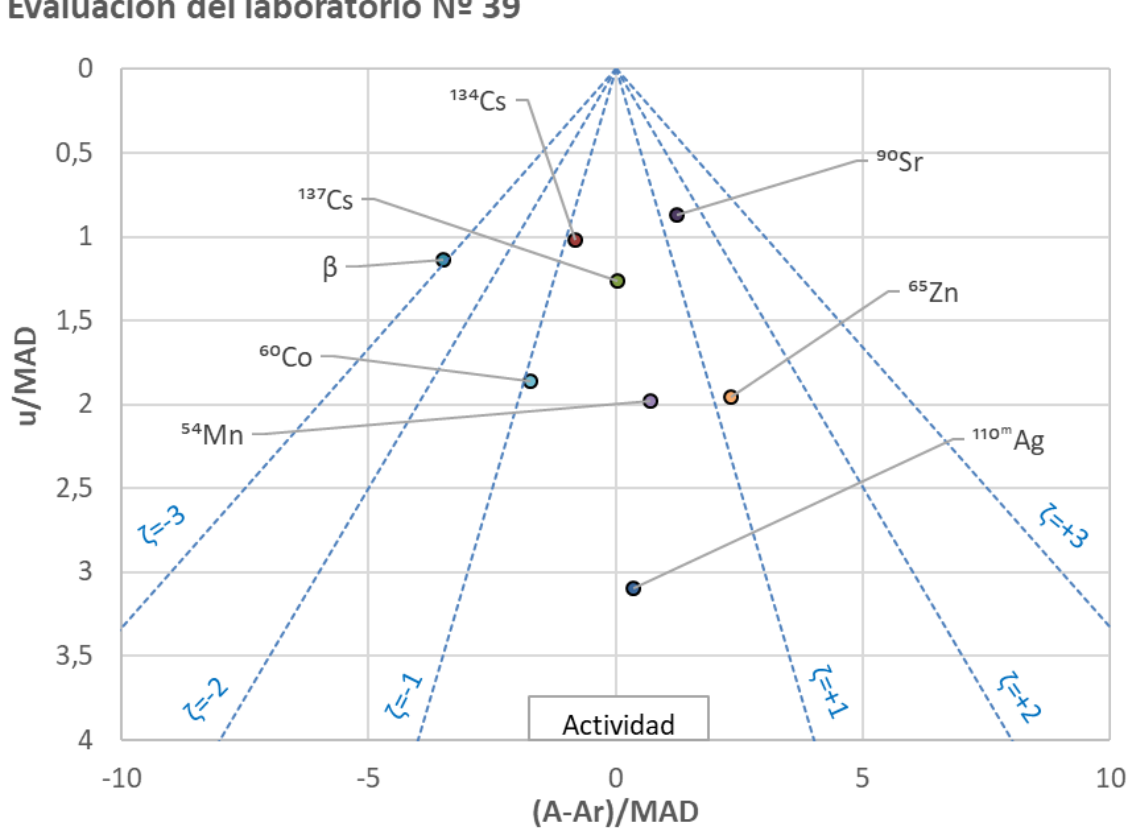
Evaluación del laboratorio N° 37



Evaluación del laboratorio N° 38



Evaluación del laboratorio N° 39



ANEXO IX. LABORATORIOS PARTICIPANTES

LABORATORIO DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL (LRA-UDC)

Escuela Universitaria Politécnica de Serantes (FERROL)

Universidade da Coruña

Avda. 19 de Febrero, s/n, 15405 Ferrol (Coruña)

UNIVERSIDAD DE HUELVA

Dpto. de Ciencias Integradas, Facultad de Ciencias Experimentales

Campus El Carmen S/N,

21007-Huelva

UNIVERSIDAD EXTREMADURA

Departamento de Física Atómica

Avda. de la Física s/n

06006 Badajoz

UNIDAD DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL Y VIGILANCIA RADIOLÓGICA (URA Y VR)

CIEMAT Edificio 70

Avenida Complutense 40

28040 MADRID

LABORATORIO DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL (LARUEX)

Universidad de Extremadura

Facultad de Veterinaria, Avda. de la Universidad sn,

10003 Cáceres

INTA (CAMPUS LA MARAÑOSA)

28330 San Martín de la Vega- Madrid

**LABORATORIO DE RADIACIONES IONIZANTES Y DATACIÓN. UNIVERSIDAD DE SALAMANCA.
EDIFICIO DE I+D+I.**

Calle del Espejo, 2; 37007 Salamanca

LABORATORIO DE BAJAS ACTIVIDADES (LABAC). DPTO. FÍSICA TEÓRICA-AREA NUCLEAR.

Facultad de Ciencias

Universidad de Zaragoza

C/Pedro Cerbuna 12

50009 Zaragoza

ENUSA-JUZBADO

Laboratorio de Medidas de Radiactividad Ambiental

Ctra. Salamanca. Ledesma km.26 - 37115 Juzbado (Salamanca)

CENTRO NACIONAL DE SANIDAD AMBIENTAL.

Instituto Salud Carlos III

Área de Radioprotección. Laboratorio 51-03-067

Ctra. Majadahonda a Pozuelo km 2;

28220-Majadahonda (Madrid),

LABORATORIO DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL

Universidad de Málaga
Bulevar Louis Pasteur 33
29071, Málaga

DRACE GEOCISA

Laboratorio Drace Geocisa
C/ Sierra de Guadarrama, 90
28830 San Fernando de Henares- Madrid

UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO

Escuela de Ingeniería de Bilbao
Departamento de Ingeniería Energetica
Plaza Ingeniero Torres Quevedo, 1
48013 Bilbao

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Ets Arquitectura. Departamento Física Aplicada II
Av. Reina Mercedes 2. 41012 Sevilla

LABORATORIO RADIOLOGÍA AMBIENTAL

Facultat de Química
Universidad de Barcelona
Martí i Franquès, 1 ;3ª planta
08028 Barcelona

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Laboratorio Radiactividad Ambiental
Camino De Vera, S/N . Edificio 51
46022 Valencia

EDIFICIO (ITQUIMA). LABORATORIO DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL.

Universidad de Castilla-La Mancha.
Campus Universitario - Avda. Camilo José Cela, s/n; 13071 Ciudad Real

LABORATORIO DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL (LABORA) - EDIFICIO MATEU ORFILA

Universidad de las Islas Baleares
Ctra. de Valldemossa, Km. 7,5; 07122 Palma de Mallorca

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Facultad de Medicina.
Herrerra Oria s/n
39011 Santander

LABORATORIO DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

CIEMAT. Edificio 7 sótano.
Avda. Complutense, 40, 28040 Madrid

LABORATORIO DE RADIOQUÍMICA Y RADIOLOGÍA AMBIENTAL

Facultad de Ciencias. Dpt. Química Inorgánica
Universidad de Granada
Avda. Fuente Nueva, s/n,
18071, Granada

MEDIDAS AMBIENTALES, S.L.

Barrio Villacomparada s/n.
09500 – Medina de Pomar. BURGOS

LABORATORIO DE INGENIERÍA NUCLEAR. E.T.S.INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.

Universidad Politécnica de Madrid
C/ /Profesor Aranguren 3
28040 Madrid

ENUSA-SAELICES

LABORATORIO DE LAS INSTALACIONES DE SAELICES EL CHICO
ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS, S.A., S.M.E.
Carretera SA-324 de Ciudad Rodrigo a Lumbrales-km7,
Finca “Capilla del río”
Saelices el chico (salamanca), 37592

LABORATORIO DE RADIATIVIDAD AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA (LARAM)

Edificio de Investigación Jerónimo Muñoz, 2º sótano.
C/Dr. Moliner, 50
46100-Burjassot(Valencia)

CIEMAT E33.P0.04

Laboratorio del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental de Palomares
Avda. Complutense 40
28040 Madrid

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Laboratorio De Física Médica y Radioactividad Ambiental
Servicio General de Apoyo a la Investigación
Facultad de Medicina.
Apartado 456. 38200.
La Laguna. Santa Cruz De Tenerife

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO/ LABORATÓRIO DE PROTEÇÃO E SEGURANÇA RADIOLÓGICA

Campus Tecnológico e Nuclear
Estrada Nacional 10, km 139,7
2695-066 Bobadela LRS. Portugal

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Departamento de Física. Edificio de Ciencias Básicas
Laboratorio de Radiactividad Ambiental
(Campus de Tafira)
35017-Las Palmas

UNIVERSITAT ROVIRA Y VIGILI

Unitat de Radioquímica Ambiental i Sanitària (URAIIS)
ETAP L'Ampolla, Consorci d'Aigües de Tarragona (CAT)
Ctra. Nacional 340 Km. 1094; Ap. correus n.7
43895 L'Ampolla (Tarragona)

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Laboratorio de radiactividad ambiental
Escuela de Ingeniería de Minas, Energía Y Materiales
Calle Independencia 13
33004 Oviedo

DPTO. QUIMICA Y FISICA APLICADAS

Escuela de Ingenierías Industrial, Informática y Aeroespacial
Campus De Vegazana S/N
24007 Leon

NORM TECHNOLOGY CONSULTING

Universidad de Huelva
Dpto. de Ciencias Integradas, Facultad de Ciencias Experimentales
Campus El Carmen S/N,
21007-Huelva

CEDEX

Laboratorio del Área de Aplicaciones Isotópicas
Alfonso XII, 3-5 (Edificio CETA)
28014 Madrid

UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

CASEM
Laboratorio de Radiactividad y Medio Ambiente
Avda. de la República Saharaui S/N
Puerto Real 11510 Cádiz

CIEMAT

Laboratorio de Caracterización de Residuos Radiactivos (LCRR)
Edificio 23, 6a
Avda. Complutense 40
28040 Madrid

CIEMAT

Laboratorio de Espectrometría de Masas de la Unidad de Dosimetría de Radiaciones Ionizantes
Edificio 3, Planta 0 Despacho 13
Avda. Complutense 40
28040 Madrid

UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

Laboratorio Grab-UAB
Grupo de Física de les Radiacions
Dempartament de Física
Facultat de Ciències
08193 Cerdanyola del Vallés

UNIVERSIDAD DE BARCELONA

Laboratorio de Datación por Radiocarbono
Centros Científicos y Tecnológicos
C/ Martí i Franquès, 1-11 /Avda Diagonal, 645, 3ª planta, Laboratorio 347
08028 Barcelona

ALS CZECH REPUBLIC, S.R.O.

Na Harfě 336/9
190 00 Prague
Czech Republic