



DEPARTAMENTO NACIONAL Y DE REFERENCIA EN SALUD
AMBIENTAL

INFORME FINAL DE ENSAYO DE APTITUD
PROGRAMA DE EVALUACIÓN EXTERNA DE LA
CALIDAD PEEC
QUÍMICA AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS

PROGRAMA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS (ResPel):
SUBPROGRAMA DETERMINACIÓN DE METALES EN RESIDUOS
PELIGROSOS INORGÁNICOS

RONDA SP12 – 2025
Versión 00

ID INFORME: INF-SP12-2025-00



Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.

Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:

<https://doc.digital.gob.cl/validador/QUGHOE-708>

Página 1 de 19

Marathon 1000, Ñuñoa. Región Metropolitana / www.ispch.cl

CONTENIDO

1.	LISTADO DE PARTICIPANTES.....	03
2.	INTRODUCCIÓN	03
3.	ORGANIZACIÓN Y RESPONSABLES	03
4.	CRONOGRAMA	03
5.	CONFIDENCIALIDAD.....	04
6.	ÍTEM DE ENSAYO DE APTITUD	04
7.	RESULTADOS INFORMADOS POR LOS PARTICIPANTES.....	05
8.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	05
9.	RESUMEN ESTADÍSTICO.....	06
10.	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS.....	06
11.	COMENTARIOS.....	08
12.	REFERENCIAS.....	09
13.	ANEXOS.....	10
14.	CONTACTO.....	19
15.	EMISIÓN Y AUTORIZACIÓN DEL INFORME.....	19



1. LISTADO DE PARTICIPANTES

Debido al número de participantes adscritos (4 laboratorio), todos ellos pertenecientes a la Región Metropolitana, y con el objeto de resguardar la confidencialidad, no se entregará en este informe un listado con los nombres de los laboratorios participantes.

2. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a la evaluación del ensayo de aptitud del Subprograma “Determinación de metales en Residuos Peligrosos inorgánicos”. Este ensayo corresponde a la cuantificación de metales en suelo o sedimento contaminado, de un material adquirido por la Sección de Coordinación de Programas de Ensayos de Aptitud y Evaluación Externa de la Calidad (ScPEEC), y corresponde a una herramienta utilizada para evaluar la calidad de las prestaciones analíticas en laboratorios de ensayos que realizan análisis de metales peligrosos inorgánicos (ResPel). Esta ronda de ensayo de aptitud de tipo interlaboratorio de participación simultánea es realizada por el ISP desde el año 2007 para satisfacer los requerimientos del Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos D.S. 148/2003 MINSAL.

3. ORGANIZACIÓN Y RESPONSABLES

Proveedor y responsable de la organización del ensayo de aptitud:



Instituto de Salud Pública de Chile
Departamento Nacional y de Referencia en Salud Ambiental
Subdepartamento de Metrología
Sección Coordinación de Programas de Ensayos de Aptitud y Evaluación Externa de la Calidad
Av. Marathon 1000, Ñuñoa.
Santiago, Chile.
Código Postal 7780050.
<https://ispch.gob.cl/>

Responsables de las actividades del ensayo de aptitud:

Coordinación de la ronda de ensayo de aptitud: QF. María Natalia Gutiérrez Vargas- Jefa Sección Coordinación de Programas de Ensayos de Aptitud y Evaluación Externa de la Calidad.

Desarrollo de la ronda de ensayo de aptitud: QF. María Natalia Gutiérrez Vargas- Jefa Sección Coordinación de Programas de Ensayos de Aptitud y Evaluación Externa de la Calidad, Francis Alarcón Rodríguez – Profesional Sección Coordinación de Programas de Ensayos de Aptitud y Evaluación Externa de la Calidad y Jorge Tello Muñoz – Profesional Sección Coordinación de Programas de Ensayos de Aptitud y Evaluación Externa de la Calidad.

Revisión de informe: Dra. Francis Alarcón Rodríguez – Profesional Sección Coordinación de Programas de Ensayos de Aptitud y Evaluación Externa de la Calidad.

Aprobación de informe: Ms. Soraya Sandoval Riquelme – Jefa Subdepartamento de Metrología.

Autorización de informe: QF. MSc. Boris Duffau Garrido – Jefe (S) Departamento Nacional y de Referencia en Salud Ambiental.

4. CRONOGRAMA

Fecha de envío de encomienda de ítem de ensayo	08 - 07 - 2025
Fecha plazo de cierre para recepción de resultados	06 - 08 - 2025
Fecha de publicación informe individual preliminar	04 - 09 - 2025



5. CONFIDENCIALIDAD

Para fines de conservar la confidencialidad de los resultados y la evaluación de desempeño de los participantes, estos son reportados en el informe con el código CIL (Código de Identificación del Laboratorio), por lo cual el participante deberá ubicarse en las tablas y gráficas de acuerdo al código CIL asignado a su laboratorio para el año correspondiente de la presente ronda.

Toda excepción respecto a la confidencialidad, sigue las directrices del Protocolo de Organización de Ensayos de Aptitud Programa de Evaluación Externa de la Calidad PEEC (PT-01-PR-754.00-001) disponible para todos los participantes y clientes en <https://ispch.gob.cl/>.

6. ÍTEM DE ENSAYO DE APTITUD

El ítem de ensayo enviado contiene 1 muestra de aproximadamente 100 gramos de suelo, para la determinación cuantitativa de los analitos arsénico (As), bario (Ba), cadmio (Cd), selenio (Se), plomo (Pb), cromo (Cr), mercurio (Hg) y plata (Ag), envasado en frasco de vidrio ámbar previamente acondicionados, sellados, etiquetados y codificados.

El material de ensayo para análisis de ResPel inorgánicos correspondió a un material de referencia certificado, adquirido por el Instituto de Salud Pública de Chile.

La Tabla N° 1 indica el valor asignado de los analitos, junto con su incertidumbre y trazabilidad.

Tabla N°1. Valor asignado para la evaluación de desempeño de la ronda, establecido según el valor de certificado del material.

Muestra	Componente Analito	Valor Certificado mg/mL	Incertidumbre expandida del valor asignado ($U_{(k=2)}$) mg/mL	Trazabilidad metrológica
SP122025	Arsénico (As)	27,8	0,5	Trazable a NIST
	Bario (Ba)	15,9	0,3	Trazable a NIST
	Cadmio (Cd)	44,2	0,5	Trazable a NIST
	Selenio (Se)	32,9	0,4	Trazable a NIST
	Plomo (Pb)	1,48	0,02	Trazable a NIST
	Cromo (Cr)	2,04	0,02	Trazable a NIST
	Mercurio (Hg)	3,57	0,16	Trazable a NIST
	Plata (Ag)	0,108	0,001	Trazable a NIST

Respecto a la evaluación de la homogeneidad del material de referencia certificado, el proveedor declara: "La homogeneidad se evaluó de acuerdo con la Guía ISO 35. Las unidades completas se muestrearon utilizando un protocolo de muestreo estratificado aleatorio. Luego, los resultados del análisis químico se compararon mediante análisis de varianza de un solo factor (ANOVA). La incertidumbre debida a la homogeneidad se derivó del análisis ANOVA. No se detectó heterogeneidad bajo las condiciones del ANOVA."

Por otro lado, el proveedor indica sobre la estabilidad: "La importancia de la evaluación de la estabilidad será demostrada si el resultado analítico del estudio y el intervalo de valores representado por la Incertidumbre expandida no se superponen con el resultado del ensayo original y el intervalo de sus valores representado por la Incertidumbre expandida. El método empleado será normalmente el mismo método utilizado para caracterizar el valor del ensayo en la evaluación inicial."

La incertidumbre expandida, declarada en el certificado del material de referencia certificado indica: "Los valores de incertidumbre en este documento se expresan como Incertidumbre Expandida (U_{crm}) correspondiente al intervalo de confianza del 95%. U_{crm} se deriva de la incertidumbre estándar



combinada multiplicada por el factor de cobertura k , que se obtiene a partir de una distribución t y los grados de libertad. Los componentes de la incertidumbre estándar combinada incluyen las incertidumbres debidas a la caracterización, la homogeneidad, la estabilidad a largo plazo y la estabilidad a corto plazo (transporte). Los componentes debidos a la estabilidad generalmente se consideran insignificantes a menos que los estudios de estabilidad indiquen lo contrario.”

Cada laboratorio participante de acuerdo al protocolo del ensayo de aptitud publicado en el Portal PEEC, recibió instrucciones detalladas para la manipulación y almacenamiento del ítem de ensayo de aptitud, como también indicaciones prácticas de seguridad a tomar en cuenta durante el desarrollo del ensayo a través de la ficha de información de seguridad disponible en el Portal PEEC.

Se recomendó a los participantes el uso de los métodos de ensayo rutinarios del laboratorio.

7. RESULTADOS INFORMADOS POR LOS PARTICIPANTES

7.1.- Datos

Los resultados enviados por el laboratorio participante para metales se presentan desde la Tabla N° 4 a la Tabla N° 11 de los anexos de este informe. De los 4 laboratorios adscritos, el 100% envió resultados para al menos un parámetro.

Se solicitó a los laboratorios reportar sus resultados con la cantidad de cifras decimales indicadas en el protocolo de esta ronda según analito.

7.2.- Técnicas y métodos

Respecto de los métodos informados por los laboratorios, para la determinación de los analitos se puede comentar que:

- a) Todos los participantes utilizaron como método de referencia el método EPA. Method 1311: “Toxicity Characteristic Leaching Procedure” para todos los analitos evaluados.
- b) Para la determinación de arsénico, bario, cadmio, cromo, plata, plomo y selenio se utilizaron las técnicas de Espectroscopia de Absorción atómica (AAS), Espectroscopía de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) y Espectroscopía de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS).
- c) Para la determinación de mercurio se utilizaron las técnicas de Espectroscopia de Absorción atómica por vapor frío (CVAAS) y Espectroscopía de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS).

8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

No se evaluó la existencia de datos anómalos en base al método estadístico de Grubbs, ni la existencia de datos extremos en base al criterio de $\pm 50\%$ de la mediana según el Protocolo Internacional Armonizado IUPAC, puesto que no se cumplió con el número mínimo de datos para realizar estos análisis ($n \geq 10$).

El análisis estadístico se basó en el valor asignado (x_{pt}) definido por el valor de referencia del material y la desviación estándar para la evaluación de la aptitud (σ_{pt}) establecida a través del modelo estadístico de Horwitz-Thomson, el cual es aplicado de acuerdo a los niveles de concentración de los analitos.



9. RESUMEN ESTADÍSTICO

En relación a la recopilación y al análisis de datos, la evaluación estadística reportó los siguientes resultados:

Tabla N° 2: Resumen de análisis estadístico analitos arsénico, bario, cadmio y selenio.

Parámetros	Arsénico	Bario	Cadmio	Selenio
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
Número de datos	4	4	4	4
Valor asignado (x_{pt})	27,8	15,9	44,2	32,9
Desviación estándar para la evaluación de la aptitud (σ_{pt})	2,7	1,7	4,0	3,1
Incertidumbre estándar del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,25	0,15	0,25	0,2
Número de valores	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Número de valores	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

Tabla N° 3: Resumen de análisis estadístico analitos plomo, cromo, mercurio y plata.

Parámetros	Plomo	Cromo	Mercurio	Plata
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
Número de datos	4	4	4	3
Valor asignado (x_{pt})	1,48	2,04	3,57	0,108
Desviación estándar para la evaluación de la aptitud (σ_{pt})	0,22	0,29	0,47	0,02
Incertidumbre estándar del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,01	0,01	0,08	0,0005
Número de valores	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Número de valores	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

En relación a los datos de la Tabla N° 2 y N° 3, para fines de la evaluación de desempeño para los analitos, el valor asignado fue establecido por valor de referencia del material y la desviación estándar para la evaluación de la aptitud a través del modelo estadístico de Horwitz-Thomson, el cual es aplicado de acuerdo a los niveles de concentración de los analitos.

Desde la Tabla N° 4 a la Tabla N° 11 de los anexos de este informe, se resumen los resultados reportados por el laboratorio participante y los z-score alcanzados para cada analito, respectivamente.

10. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS

La evaluación de desempeño se estableció a través del modelo estadístico z-score, calculado con el valor asignado y la desviación estándar para la evaluación de la aptitud, indicada en la Tabla N° 2 y N° 3 del presente informe.

La calificación z-score alcanzada y la evaluación de desempeño respecto al análisis de metales, se puede observar en las tablas N° 4, N° 5, N° 6, N° 7, N° 8, N° 9, N° 10 y N° 11, de los Anexos de este informe.

Los resultados de los análisis cuantitativos obtenidos por los laboratorios son transformados a valores estándares (z-score), utilizando la siguiente ecuación:



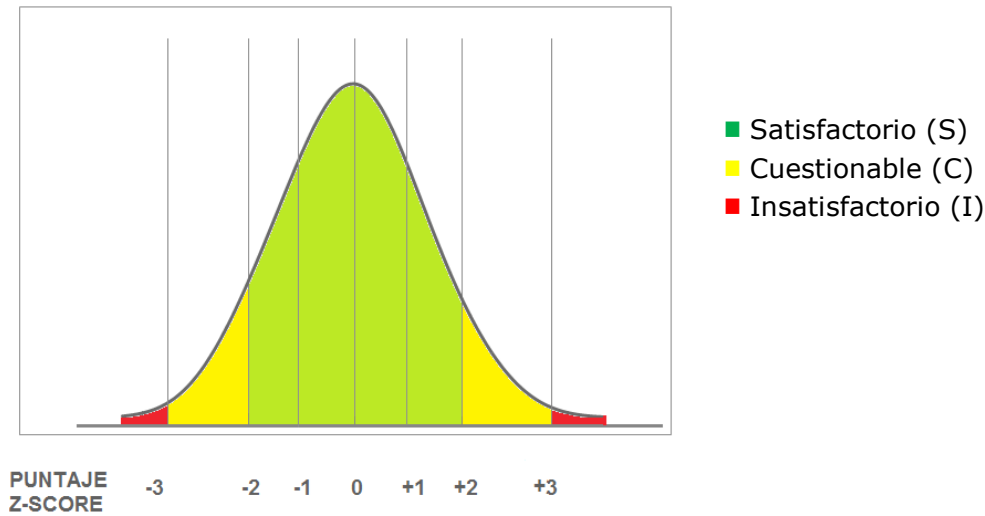
$$z_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sigma_{pt}}$$

dónde;

- z_i = Valor z, z-score.
- x_i = Resultado del participante.
- x_{pt} = Valor asignado.
- σ_{pt} = Desviación estándar para la evaluación de la aptitud.

Para el desempeño de los resultados de los participantes, los criterios de aceptabilidad son clasificados de acuerdo con z-score como se indica en la Figura 1.

Figura 1. Valor de z-score y criterios de aceptabilidad.



$|z| \leq 2,0$: el desempeño es **SATISFACTORIO**.

$2,0 < |z| < 3,0$: el desempeño es **CUESTIONABLE**.

$|z| \geq 3,0$: el resultado del laboratorio es **INSATISFACTORIO**.

El gráfico circular de la evaluación de desempeño global del analito, la distribución de z-score y la dispersión de datos se presentan en los anexos de este informe, numerados desde Gráfica N° 1 a la N° 24.



11. COMENTARIOS

- a) De un total de 4 laboratorios adscritos para esta ronda, el 100 % envió resultados al menos para un parámetro.
- b) Para el análisis estadístico de todos los analitos, no se pudo determinar valores anómalos ni valores extremos por no contar con el número mínimo de datos.
- c) En comparación con el año anterior, se observa que, los niveles de satisfactoriedad para arsénico, cadmio y cromo han aumentado del 67 % en el año 2024, al 100 % en el presente año. Por el contrario, el desempeño de bario disminuyó, de un 100 % en 2024 a un 75 % en 2025, mientras que mercurio disminuyó, pasando del 67 % el año 2024 al 25 % en el año 2025. En cuanto a plata y plomo, se registraron aumentos importantes en la satisfactoriedad, incrementándose del 0 % en 2024 al 67 % y 75 % en el presente año, respectivamente. Por último, selenio mantuvo un desempeño en 100 % de satisfactoriedad ambos años.
- d) Se sugiere revisar datos, cálculos y unidades, como posible causa de desviación de resultados para laboratorios que cuenten con un z-score dentro del rango cuestionable o insatisfactorio, así como también cuando se observen tendencias por defecto para el analito.
- e) Este informe entrega los resultados de la evaluación de desempeño de los laboratorios participantes, para fines de una herramienta del aseguramiento de calidad de los laboratorios participantes y clientes, y puede ser consultado para los fines correspondientes por organismos de acreditación (nacionales o internacionales) y/o autoridades chilenas de acuerdo a lo establecido por la ley.
- f) Este informe no deberá reproducirse total o parcialmente sin la aprobación del ISP. Este trabajo está protegido por derechos de autor. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse en ninguna forma, transmitirse o almacenarse en ningún repositorio (por ejemplo, mecánico, digital, electrónico o fotográfico) sin el permiso previo por escrito del ISP. Comuníquese con el ISP si desea reproducir cualquier parte de este informe, o si desea utilizar la información del desempeño de los participantes para fines de generar una publicación o trabajo científico.
- g) Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo a la Ley N° 19.799 sobre documentos electrónicos, firma electrónica y servicios de certificación de dicha firma.
- h) La versión autorizada y vigente del informe final se encuentra publicada en página Web: <https://ispch.gob.cl/> y Portal PEEC.



12. REFERENCIAS

- ISO 13528:2022 (E). *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons*.
- UNE-EN ISO/IEC 17043:2023. Evaluación de la conformidad – Requisitos generales para la competencia de los proveedores de ensayos de aptitud (ISO/IEC 17043:2023).
- *The International Harmonized Protocol for Proficiency testing of analytical chemistry laboratories (IUPAC) (2006). Pure Appl. Chem. Vol 78, pp. 145-196.*
- *Robust Statistics: a Method of Coping with Outliers*”. Royal Society of Chemistry, Analytical Methods Committee, N° 6, 2001.



13. ANEXOS

a) Anexo 1. Tabla 4. Resultados de arsénico, valores de z-score y evaluación de desempeño.

CIL	Resultado mg/L	z score	Evaluación de Desempeño
QAMA2514	32,270	1,7	Satisfactorio
QAMA2524	30,690	1,1	Satisfactorio
QAMA2565	32,349	1,7	Satisfactorio
QAMA2579	28,555	0,3	Satisfactorio

b) Anexo 2. Tabla 5. Resultados de bario, valores de z-score y evaluación de desempeño.

CIL	Resultado mg/L	z score	Evaluación de Desempeño
QAMA2514	15,15	-0,4	Satisfactorio
QAMA2524	11,00	-2,9	Cuestionable
QAMA2565	13,85	-1,2	Satisfactorio
QAMA2579	15,35	-0,3	Satisfactorio

c) Anexo 3. Tabla 6. Resultados de cadmio, valores de z-score y evaluación de desempeño.

CIL	Resultado mg/L	z score	Evaluación de Desempeño
QAMA2514	44,65	0,1	Satisfactorio
QAMA2524	39,89	-1,1	Satisfactorio
QAMA2565	37,46	-1,7	Satisfactorio
QAMA2579	43,96	-0,1	Satisfactorio

d) Anexo 4. Tabla 7. Resultados de selenio, valores de z-score y evaluación de desempeño.

CIL	Resultado mg/L	z score	Evaluación de Desempeño
QAMA2514	32,03	-0,3	Satisfactorio
QAMA2524	35,89	1,0	Satisfactorio
QAMA2565	36,09	1,0	Satisfactorio
QAMA2579	32,35	-0,2	Satisfactorio

e) Anexo 5. Tabla 8. Resultados de plomo, valores de z-score y evaluación de desempeño.

CIL	Resultado mg/L	z score	Evaluación de Desempeño
QAMA2514	1,678	0,9	Satisfactorio
QAMA2524	1,680	0,9	Satisfactorio
QAMA2565	0,944	-2,4	Cuestionable
QAMA2579	1,521	0,2	Satisfactorio

f) Anexo 6. Tabla 9. Resultados de cromo, valores de z-score y evaluación de desempeño.

CIL	Resultado mg/L	z score	Evaluación de Desempeño
QAMA2514	1,7486	-1,0	Satisfactorio
QAMA2524	2,1400	0,3	Satisfactorio
QAMA2565	1,6812	-1,2	Satisfactorio
QAMA2579	1,9985	-0,1	Satisfactorio



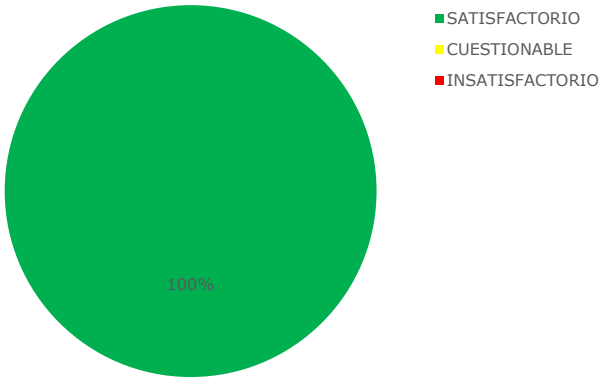
g) Anexo 7. Tabla 10. Resultados de mercurio, valores de z-score y evaluación de desempeño.

CIL	Resultado mg/L	z score	Evaluación de Desempeño
QAMA2514	1,9037	-3,5	Insatisfactorio
QAMA2524	<LOD	No aplica	Insatisfactorio
QAMA2565	1,2731	-4,9	Insatisfactorio
QAMA2579	3,3690	-0,4	Satisfactorio

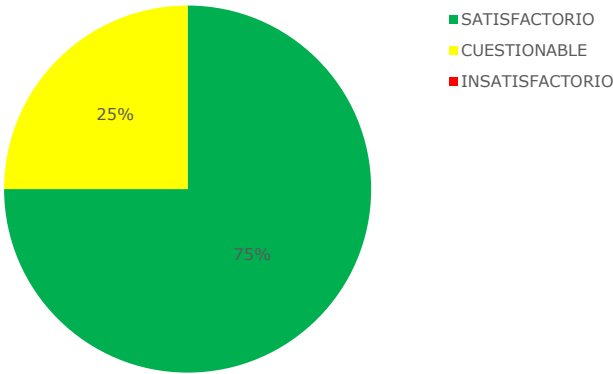
h) Anexo 8. Tabla 11. Resultados de plata, valores de z-score y evaluación de desempeño.

CIL	Resultado mg/L	z score	Evaluación de Desempeño
QAMA2514	No reporta resultados		
QAMA2524	<LOD	No aplica	Insatisfactorio
QAMA2565	0,08833	-0,8	Satisfactorio
QAMA2579	0,10350	-0,2	Satisfactorio

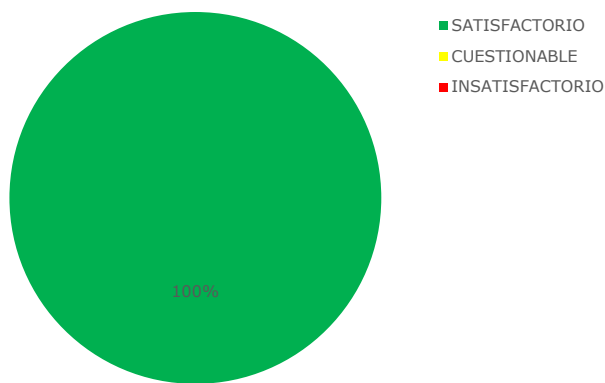
i) Anexo 9. GRÁFICA N° 1. Evaluación de desempeño de arsénico.



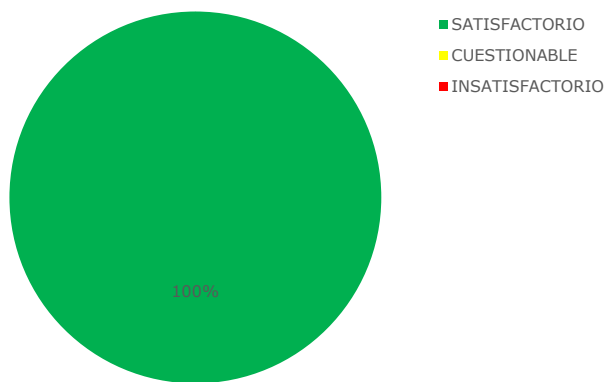
j) Anexo 10. GRÁFICA N° 2. Evaluación de desempeño de bario.



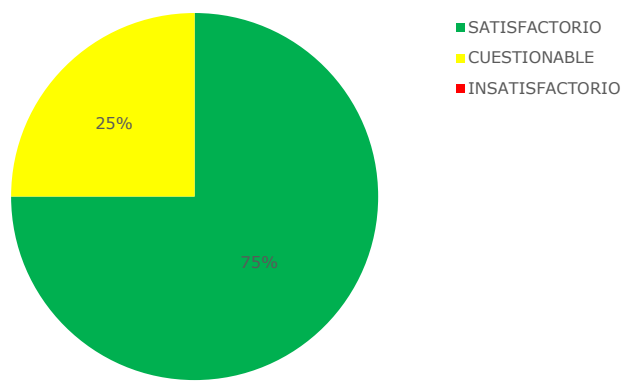
k) Anexo 11. GRÁFICA N° 3. Evaluación de desempeño de cadmio.



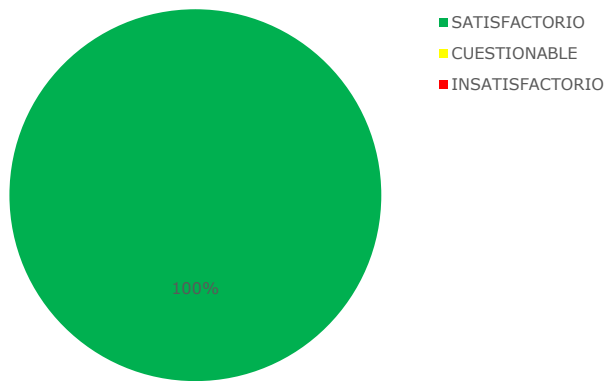
l) Anexo 12. GRÁFICA N° 4. Evaluación de desempeño de selenio.



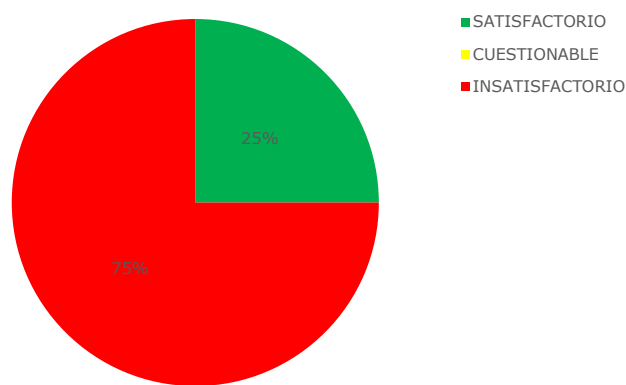
m) Anexo 13. GRÁFICA N° 5. Evaluación de desempeño de plomo.



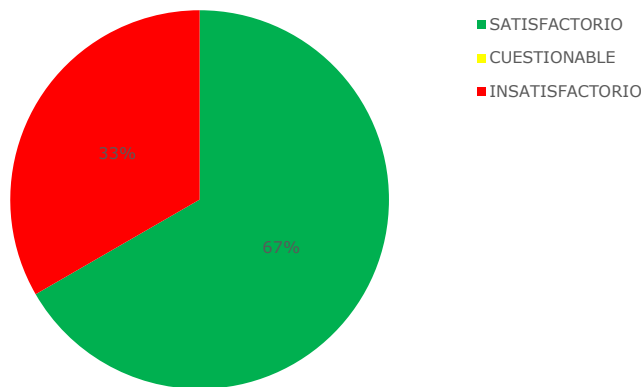
n) Anexo 14. GRÁFICA N° 6. Evaluación de desempeño de cromo.



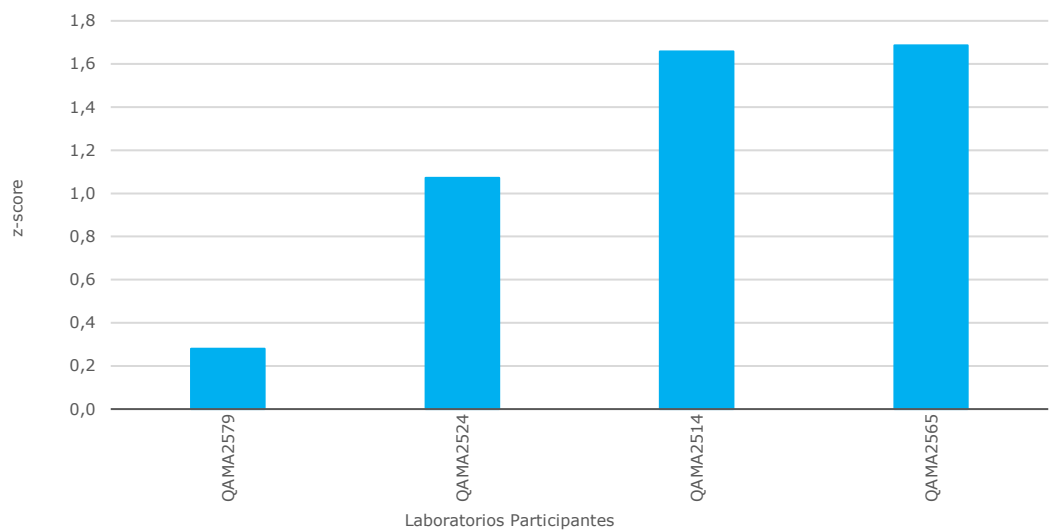
o) Anexo 15. GRÁFICA N° 7. Evaluación de desempeño de mercurio.



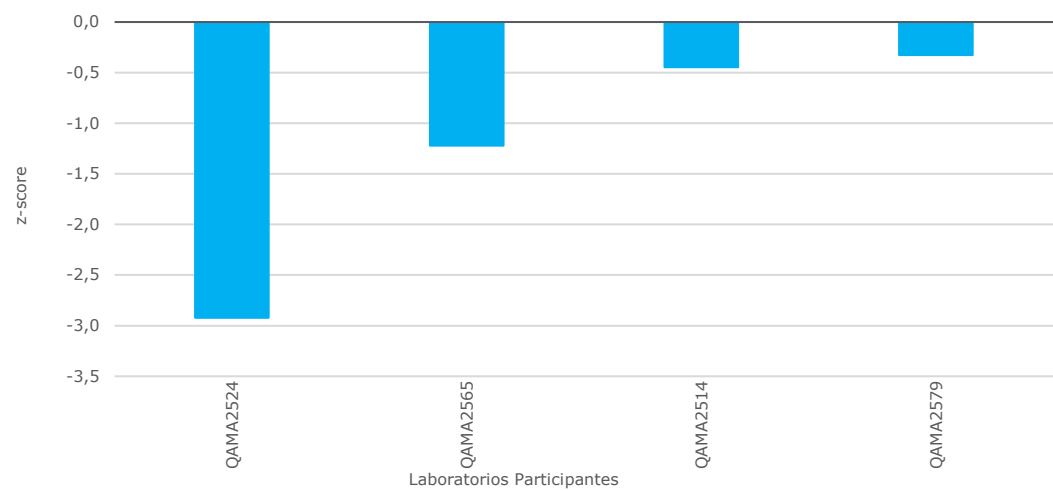
p) Anexo 16. GRÁFICA N° 8. Evaluación de desempeño de plata.



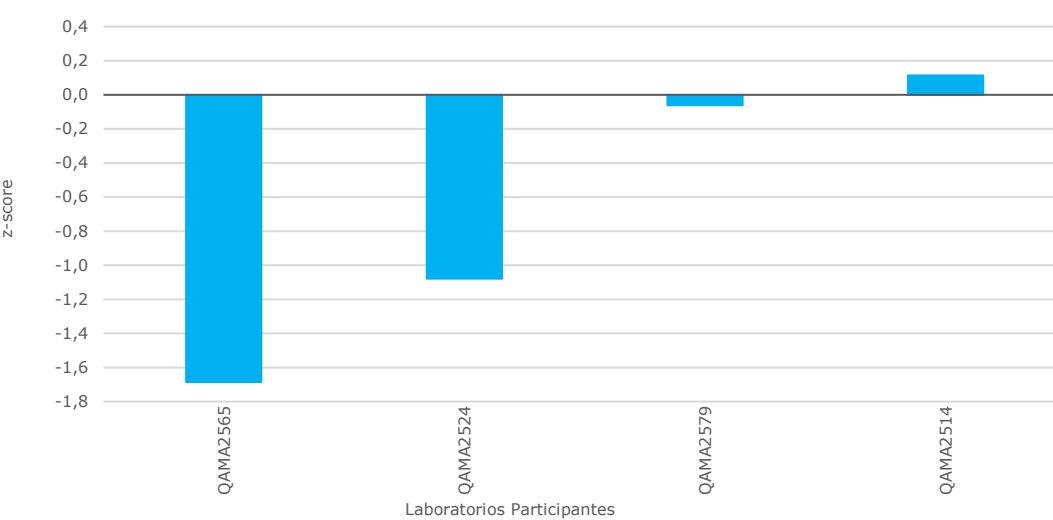
q) Anexo 17. GRÁFICA N° 9. Distribución de z-score para determinación de arsénico.



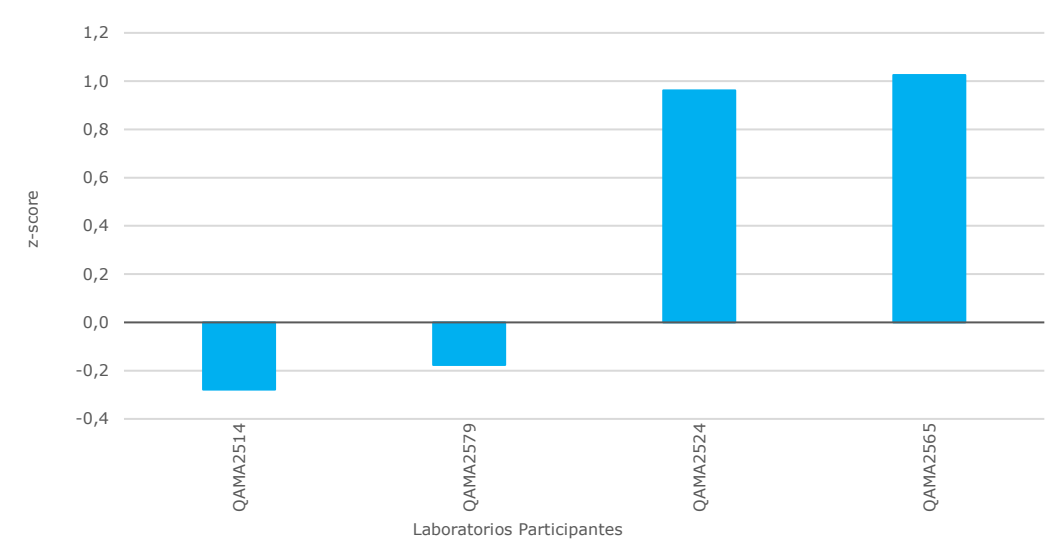
r) Anexo 18. GRÁFICA N° 10. Distribución de z-score para determinación de bario.



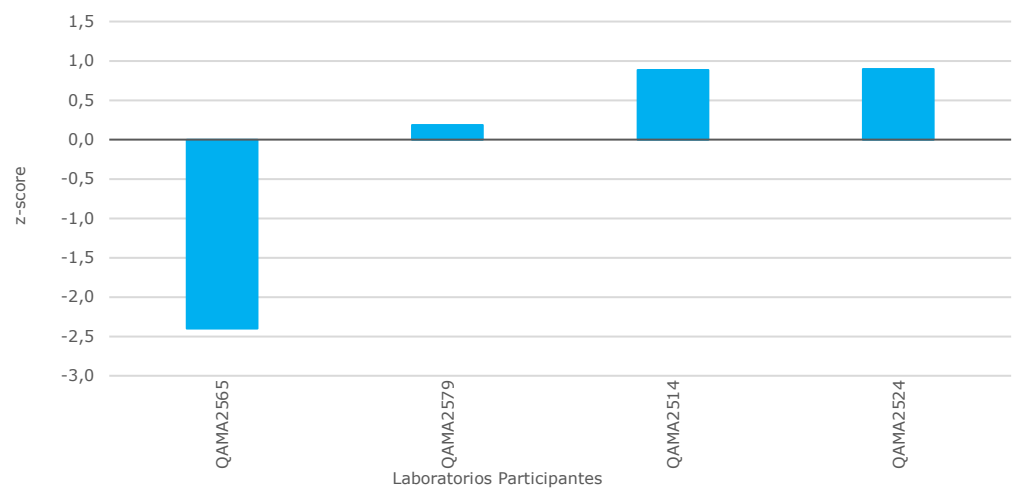
s) Anexo 19. GRÁFICA N° 11. Distribución de z-score para determinación de cadmio.



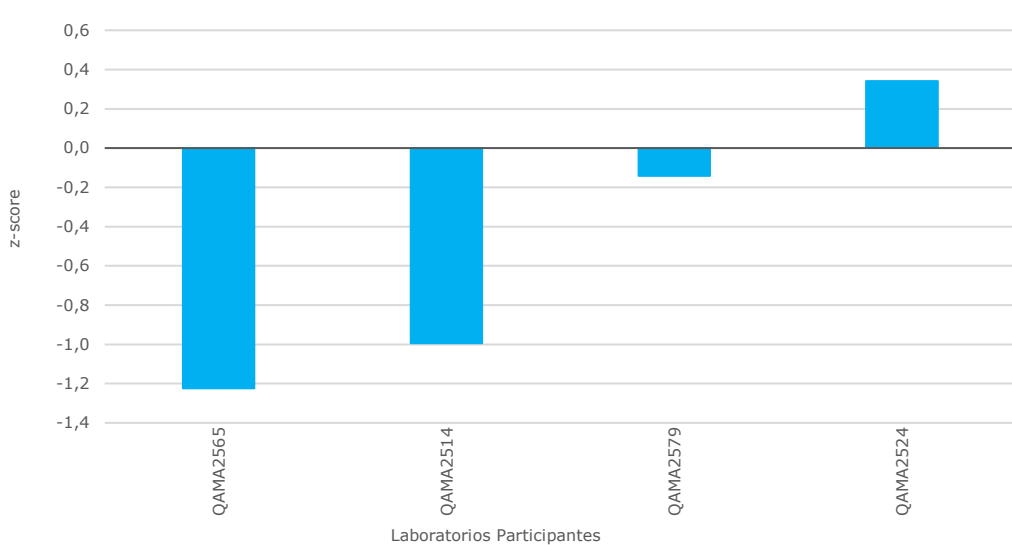
t) Anexo 20. GRÁFICA N° 12. Distribución de z-score para determinación de selenio.



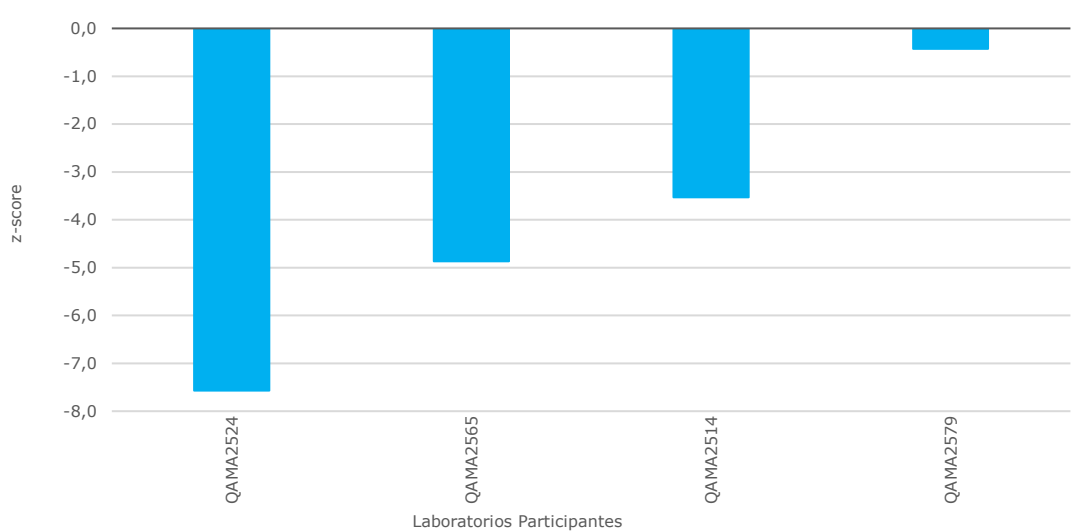
u) Anexo 21. GRÁFICA N° 13. Distribución de z-score para determinación de plomo.



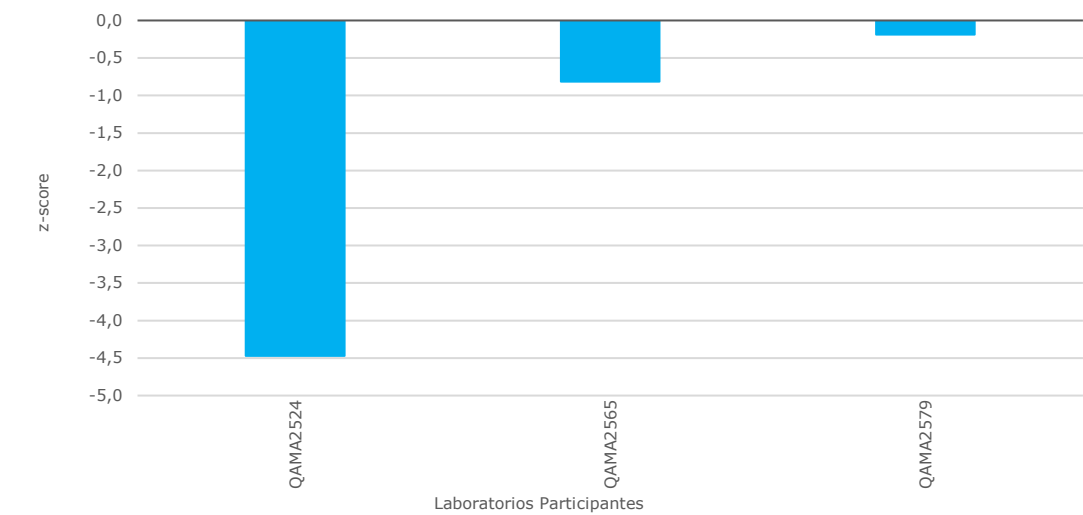
v) Anexo 22. GRÁFICA N° 14. Distribución de z-score para determinación de cromo.



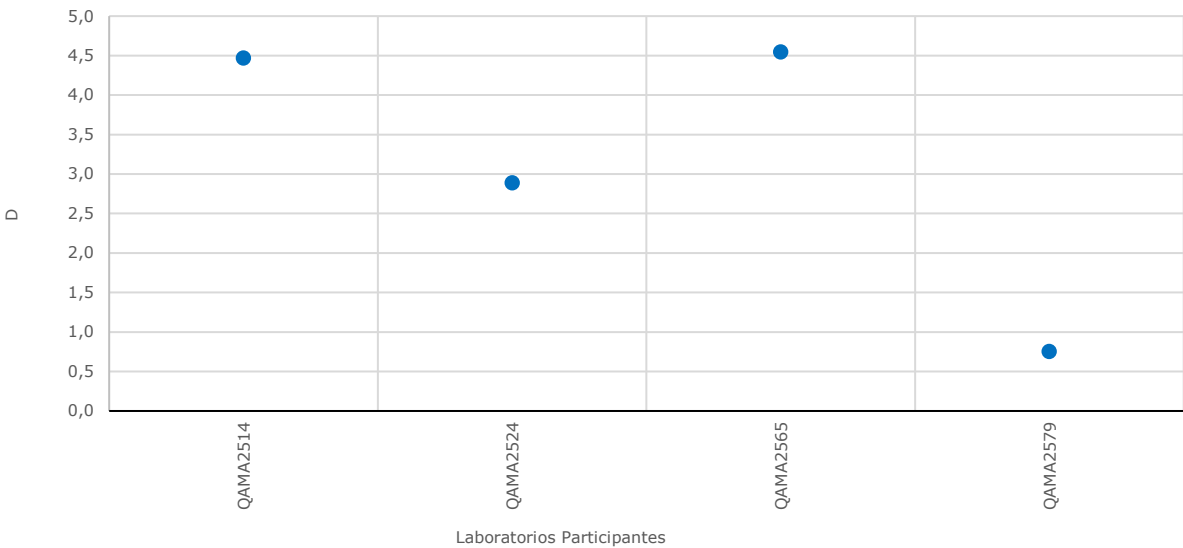
w) Anexo 23. GRÁFICA N° 15. Distribución de z-score para determinación de mercurio.



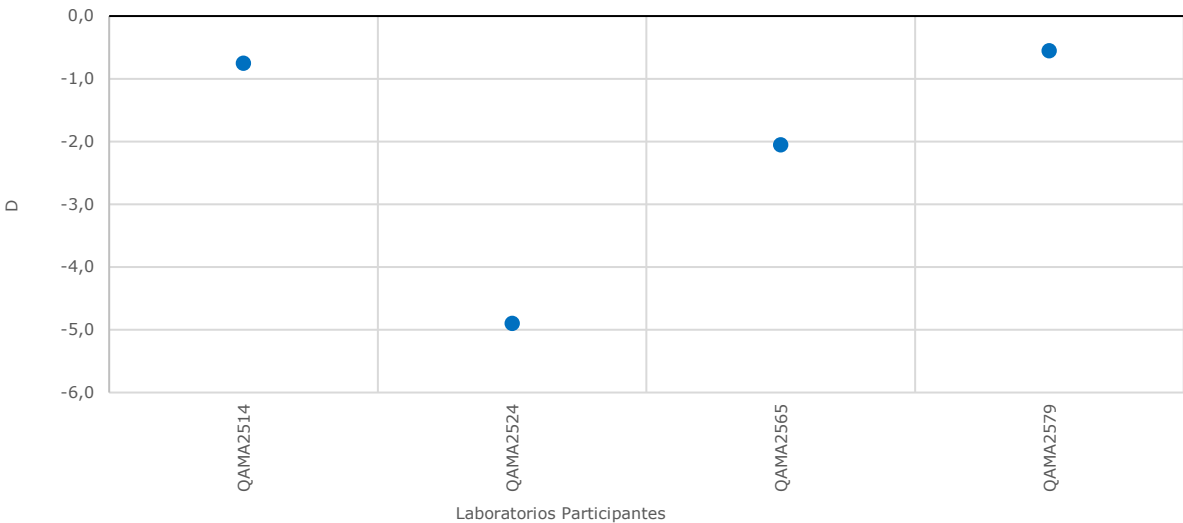
x) Anexo 24. GRÁFICA N° 16. Distribución de z-score para determinación de plata.



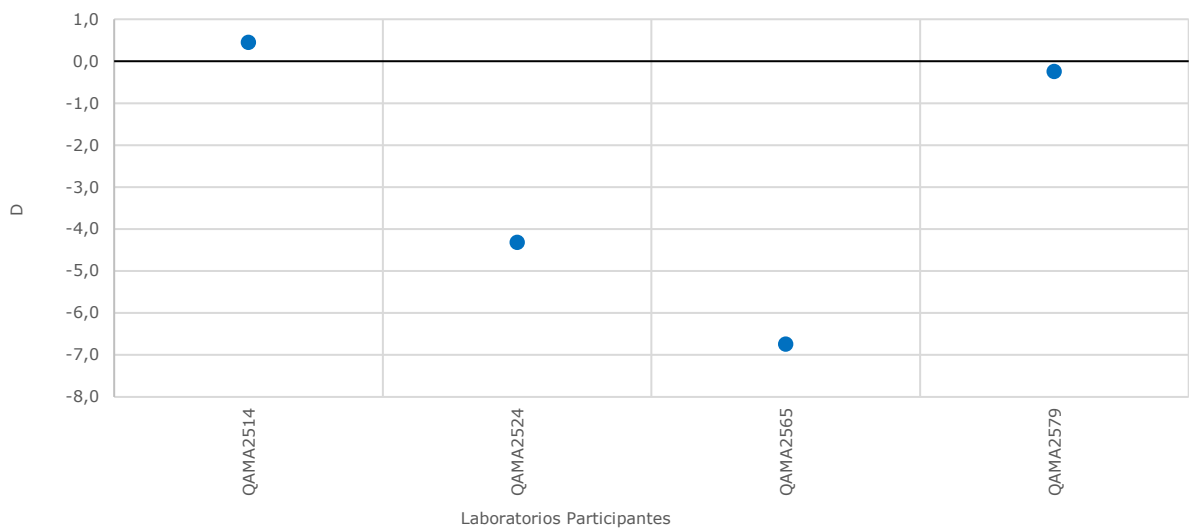
y) Anexo 25. GRÁFICA N° 17. Dispersión de datos para determinación de arsénico.



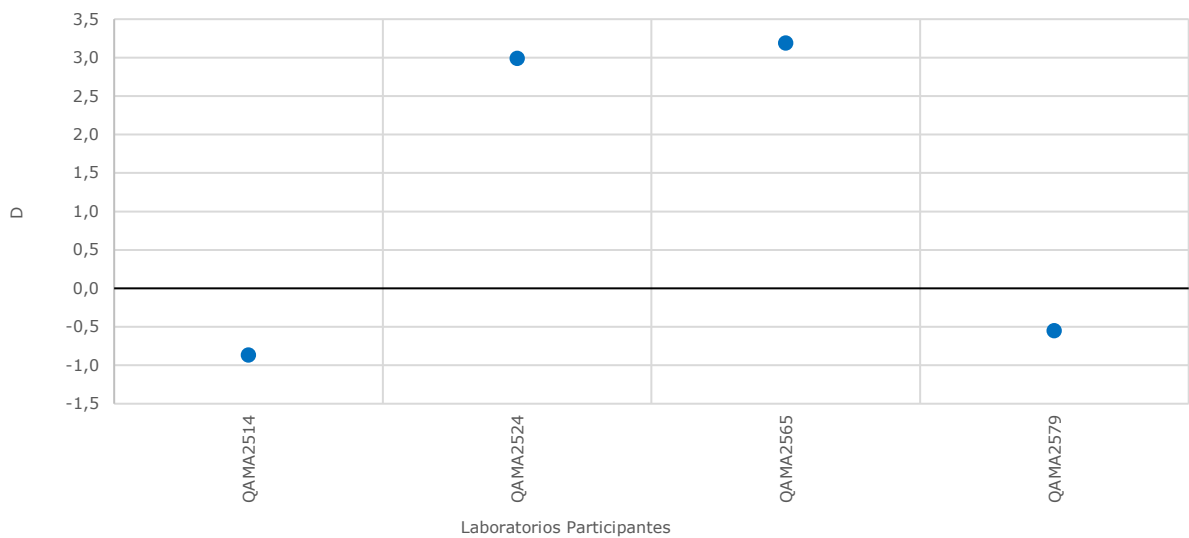
z) Anexo 26. GRÁFICA N° 18. Dispersión de datos para determinación de bario.



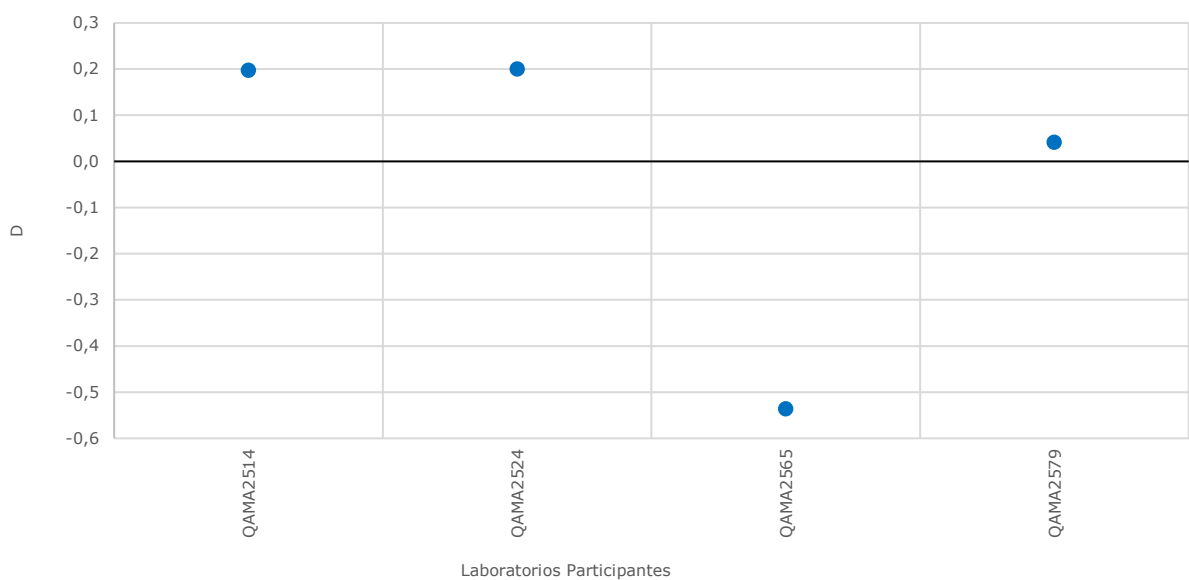
aa) Anexo 27. GRÁFICA N° 19. Dispersión de datos para determinación de cadmio.



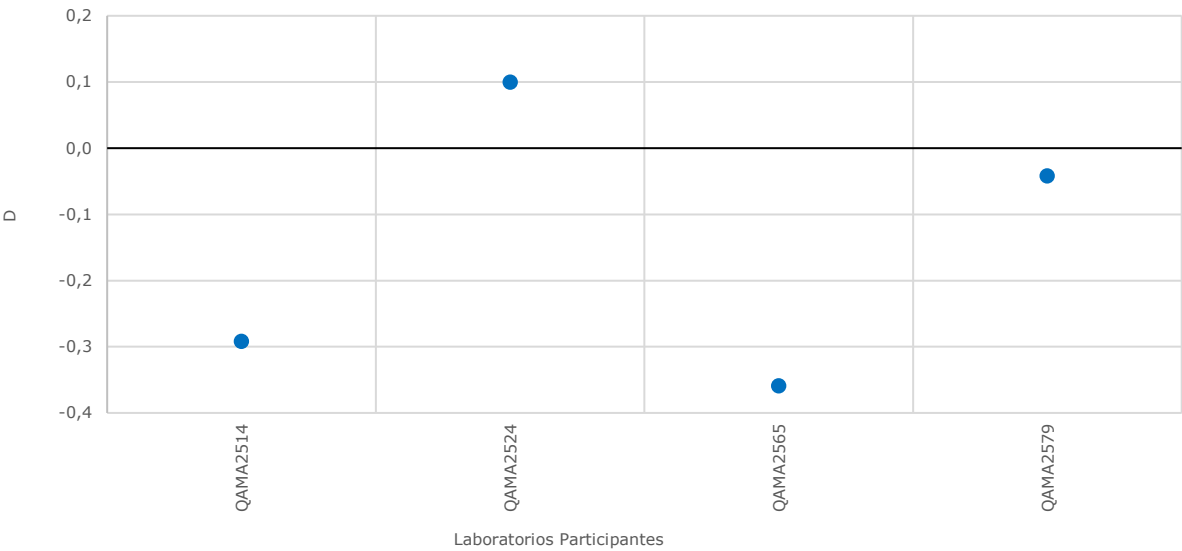
bb) Anexo 28. GRÁFICA N° 20. Dispersión de datos para determinación de selenio.



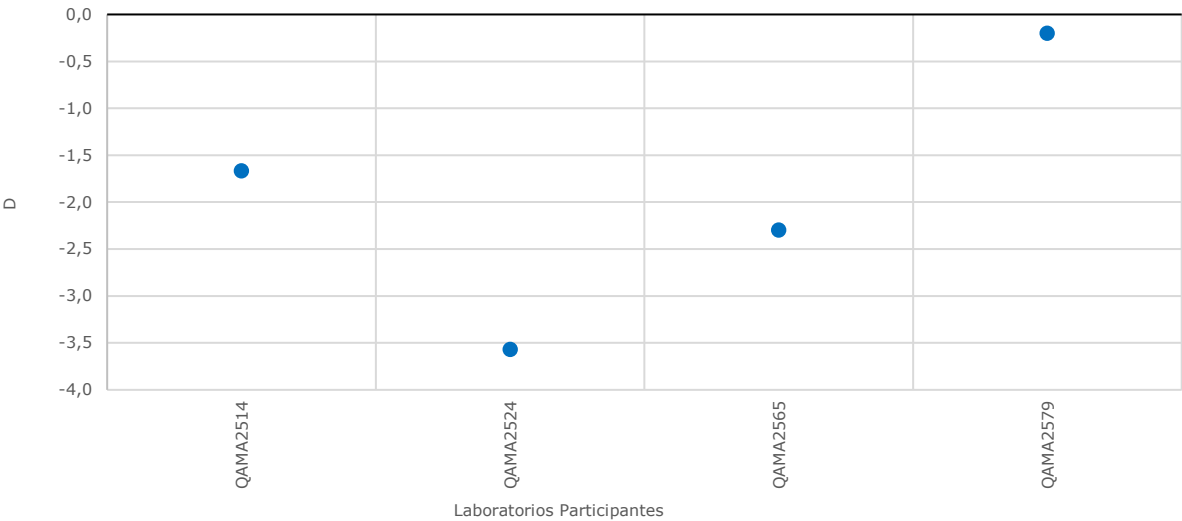
cc) Anexo 29. GRÁFICA N° 21. Dispersión de datos para determinación de plomo.



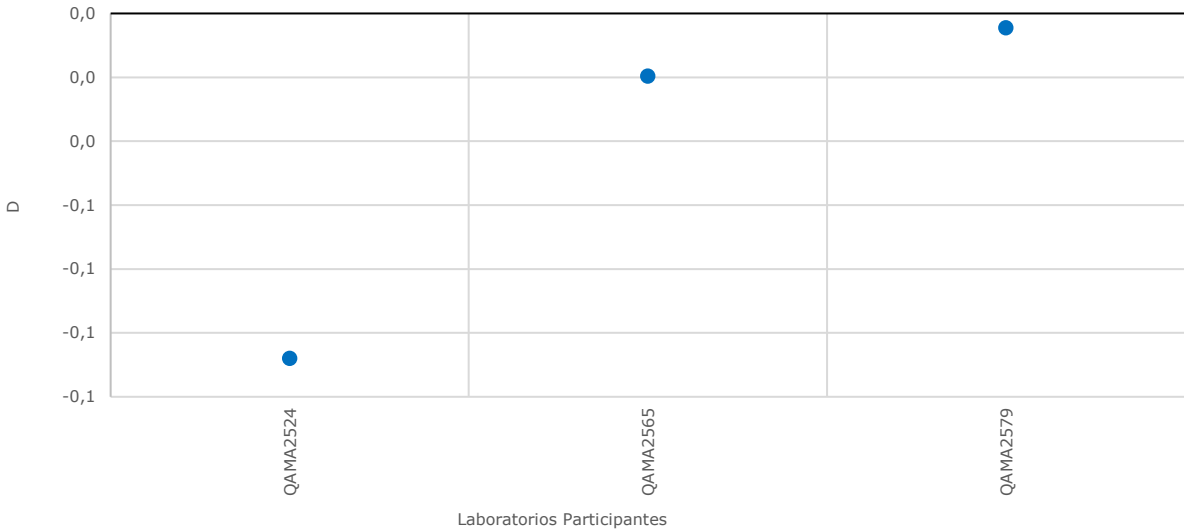
dd) Anexo 30. GRÁFICA N° 22. Dispersión de datos para determinación de cromo.



ee) Anexo 31. GRÁFICA N° 23. Dispersión de datos para determinación de mercurio.



ff) Anexo 32. GRÁFICA N°24. Dispersión de datos para determinación de plata.



14. CONTACTO

Oficina de Informaciones, Reclamos y Sugerencias (SIAC-OIRS)
Lunes a Viernes de 08:30 a 13:00 horas
<https://ispch.gob.cl/oficina-de-informaciones-reclamos-y-sugerencias-siac-oirs/> ó
<https://ispch.gob.cl/>



15. EMISIÓN Y AUTORIZACIÓN DEL INFORME

CÓDIGO INFORME: INF-SP12-2025-00

Distribución:
-Portal PEEC
-Web ISP

Identificación del Registro:
Informe Final Ensayo de Aptitud
RG-03-IT-754.00-002. Versión 09
Fecha actualización 20/01/2025

INFORME AUTORIZADO POR:

Jefe (S) Departamento Nacional y de Referencia en Salud Ambiental.

