



Red Nacional
de Laboratorios
de Suelos de Chile
RENALASCH

Ronda de intercomparación analítica: Resultados 2/2024

RED NACIONAL DE LABORATORIOS DE SUELOS DE CHILE

Reporte / N°001





Red Nacional
de Laboratorios
de Suelos de Chile
RENALASCH

Ronda de intercomparación analítica: Resultados 2/2024

Editores:

Fabio Corradini Santander,

Dr. MSc. Ingeniero Agrónomo

María de los Ángeles Sepúlveda Parada,

MSc. Bioquímica

Yasna Peña Plaza,

Químico Industrial

Prof. Marco Sandoval Estrada,

Dr. Ingeniero Agrónomo

Santiago, Chile, 2025

Reporte N°001

Editores:

Fabio Corradini Santander, Ingeniero Agrónomo, MSc., Dr., INIA La Platina
María de los Ángeles Sepúlveda Parada, Bioquímico, MSc., Universidad de Concepción
Yasna Peña Plaza, Químico Industrial, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Prof. Marco Sandoval Estrada, Ingeniero Agrónomo, Dr., Universidad de Concepción.

Comité editor:

Prof. Erick Zagal Venegas, Ingeniero Agrónomo, Dr., Universidad de Concepción
Prof.^a Margarita Briceño Toledo, Química, Dra., Universidad Arturo Prat

Reporte N° 001

Número de registro propiedad intelectual: 2023-A-7312

Cita bibliográfica correcta:

Corradini, F, M Sepúlveda, Y Peña y M Sandoval. 2025. Ronda de Intercomparación Analítica: Resultados 2/2024. Reporte N° 001. Red Nacional de Laboratorios de Suelos de Chile. Santiago, Chile. 140p.

©2025.

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y autores.

Diseño y diagramación: Ricardo Anfibio S.

Santiago, Chile, 2025.

Índice

Prólogo	5
1 Introducción	7
1.1 Objetivo de la propuesta	7
1.2 Muestras	7
1.3 Participación	7
1.4 Analitos y métodos	9
1.5 Análisis de datos	9
2 Fertilidad	15
2.1 pH en agua	15
2.2 pH en $CaCl_2$	19
2.3 pH en KCl	23
2.4 Carbono orgánico elemental	27
2.5 Carbono orgánico calcinación	31
2.6 Carbono orgánico Walkley & Black	35
2.7 Conductividad eléctrica	39
3 Macronutrientes	43
3.1 Nitrógeno elemental	43
3.2 Nitrógeno Kjeldahl	49
3.3 Fósforo Olsen	53
3.4 Azufre Disponible	57
4 Cationes extraíbles	61
4.1 Calcio Extraíble	61
4.2 Magnesio Extraíble	67
4.3 Potasio Extraíble	71
4.4 Sodio Extraíble	75
4.5 Aluminio Extraíble	79

5	Micronutrientes	83
5.1	Boro disponible	83
5.2	Cobre disponible	89
5.3	Manganeso disponible	93
5.4	Hierro disponible	97
5.5	Zinc disponible	101
6	Textura	105
6.1	Arena	107
6.2	Limo	111
6.3	Arcilla	115
7	Física – 2022	119
7.1	Arena	121
7.2	Limo	125
7.3	Arcilla	129
7.4	Densidad aparente	133
8	Ideas finales	135

Prólogo

El suelo está relacionado a todos los ecosistemas globales y juega un rol extremadamente importante en la producción de alimentos, cambio climático y almacenamiento de carbono, funciones valiosas de proteger debido a su importancia socio-económica, así como también agrícola y ambiental. Para poder protegerlos, es importante continuar profundizando en el conocimiento de sus propiedades químicas, físicas y biológicas, y como estas propiedades varían en diferentes escalas espaciales y temporales. Esto nos permitirá generar estrategias de mejoramiento de la salud del suelo y protección del medio ambiente. Todo este conocimiento comienza, muchas veces, en el laboratorio. La dinámica de los procesos que allí ocurren permite el entendimiento de las características del suelo (ej., carbono orgánico, textura, pH, etc) lo cual es clave y el punto de partida para ser capaces de aplicar un manejo sustentable del suelo.

Los programas interlaboratorios permiten evaluar y mejorar continuamente la competencia técnica de los laboratorios, identificar sesgos sistemáticos y asegurar que los métodos analíticos aplicados generen resultados consistentes. Esta estandarización de criterios analíticos es esencial para construir bases de datos robustas, fundamentales para comprender la dinámica del suelo y evaluar su calidad a nivel local, nacional y regional. Una información analítica confiable no solo sustenta la gestión agronómica del suelo por parte de agricultores, asesores y técnicos, sino que también se transforma en un insumo esencial para el diseño y monitoreo de políticas públicas. En un contexto donde el recurso suelo enfrenta crecientes presiones por el cambio climático, la intensificación agrícola y la expansión urbana, contar con datos analíticos precisos y comparables entre laboratorios no es solo una necesidad técnica, sino un imperativo estratégico.

De esta forma, las rondas interlaboratorios no son ejercicios aislados de control de calidad, sino pilares en la construcción de sistemas de información ambiental sólidos, que permiten avanzar hacia un manejo sostenible del suelo y una mejor toma de decisiones en beneficio de la sociedad y las generaciones futuras.

Esta ronda interlaboratorios ha tenido como objetivo principal fortalecer la calidad de los análisis de suelos a nivel nacional, promoviendo la coherencia entre laboratorios y elevando el estándar de la información disponible para el manejo sostenible del territorio. En este contexto, el diseño y análisis de los resultados se ha basado en los lineamientos de la norma ISO 13528:2022, que establece los métodos estadísticos para evaluar el desempeño en estudios de comparación interlaboratorios.

Que este esfuerzo compartido nos inspire a seguir haciendo ciencia con propósito, porque cada dato confiable que generamos es una herramienta más para cuidar el suelo que nos sostiene.

María de los Ángeles Sepúlveda P.

Presidenta RENALASCH

9 de julio de 2025

Capítulo 1

Introducción

1.1 Objetivo de la propuesta

El objetivo principal de este ejercicio de intercomparación analítica fue evaluar el desempeño de los laboratorios participantes y fortalecer las redes de apoyo dentro del marco de la iniciativa GLOSOLAN de la FAO. Al ser un ejercicio interno y local, permitió determinar la exactitud de los laboratorios antes de que se implementaran nuevos instrumentos de gestión agrícola y ambiental asociados al programa SIGESS, que incluirán nuevas rondas de acreditación.

1.2 Muestras

La ronda de intercomparación consideró tres muestras de suelo de distintas características, sin incluir una muestra de referencia. Las muestras fueron secadas, tamizadas y homogenizadas en el Laboratorio de Suelos de INIA La Platina y dispuestas en frascos de 500cm^3 para su despacho a los participantes. Las muestras CRV-1, LPG-2 y ILT-3 corresponden al horizonte superficial de las series de suelo, Lo Prado, Pataguilla y Buin, que a su vez corresponden a los órdenes Entisol, Alfisol e Inceptisol. Todas las muestras presentan texturas francas gruesas.

1.3 Participación

Participaron un total de 29 laboratorios en el ejercicio analítico. No todos los laboratorios participantes reportaron todos los analitos solicitados. El Cuadro 1.1 presenta el número de analitos reportado por muestra y por laboratorio.

Cuadro 1.1. Datos de participación: número de registros totales por analito y muestra (N), número de laboratorios participantes por analito (Lab.) y número de muestras reportadas (Mts.¹)

Analito	N	Lab.	Mts.
Aluminio extraible (cmol+/kg)	135	15	45
Azufre disponible (mg/kg)	174	20	58
Boro disponible (mg/kg)	234	26	78
Nitrógeno elemental (g/Kg)	63	7	21
Carbono Orgánico elemental (g/Kg)	54	6	18
Carbono Orgánico calcinación (%)	171	19	57
Carbono Orgánico Walkley & Black (%)	225	25	75
Calcio extraible (cmol+/kg)	225	25	75
Magnesio extraible (cmol+/kg)	225	25	75
Potasio extraible (cmol+/kg)	234	26	78
Sodio extraible (cmol+/kg)	225	25	75
Conductividad Electrica 1/5 (dS/m)	234	26	78
Fósforo Olsen (mg/kg)	252	28	84
Cobre disponible (mg/kg)	216	24	72
Manganeso disponible (mg/kg)	216	24	72
Hierro disponible (mg/kg)	216	24	72
Zinc disponible (mg/kg)	216	24	72
Nitrógeno Kjeldahl (%)	207	23	69
pH en agua 1/2,5 (—)	261	29	87
pH en CaCl 0,01M 1/2,5 (—)	234	26	78
pH en KCl 1M 1/2,5 (—)	207	23	69
Arcilla (%)	168	20	60
Limo (%)	168	20	60
Arena (%)	168	20	60

¹No considera las repeticiones de cada muestra.

1.4 Analitos y métodos

La selección de los analitos a determinar en la ronda de intercomparación analítica se llevó a cabo mediante una encuesta dirigida a todos los laboratorios participantes. Este proceso permitió identificar los parámetros de mayor interés y relevancia para la comunidad analítica, asegurando que la evaluación comparativa refleje las necesidades y prioridades del sector.

Los métodos analíticos exigidos para cada analito corresponden a las metodologías recomendadas para el análisis de suelos en Chile, previamente publicados por la Comisión Nacional de Acreditación de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. El cuadro 1.2 presenta el detalle de los métodos solicitados.

1.5 Análisis de datos

Las planillas con los informes de resultados enviadas por cada laboratorio fueron anonimizadas con la ayuda de la FAO, asignando un código único a cada laboratorio. Los datos fueron consolidados en una sola hoja de cálculo, donde las columnas contenían los valores reportados para cada analito y las filas correspondían a las entradas por laboratorio, muestra y repetición. Los analitos que presentaron censura izquierda, es decir, aquellos cuyos valores reportados se encontraban por debajo de los límites de detección, fueron marcados como tales en una columna binaria (con censura o sin censura). Solo las evaluaciones de aluminio extraíble y azufre disponible presentaron esta condición. La hoja de datos resultante contuvo 261 entradas para 26 variables.

Se determinó la media y la desviación estándar de cada analito para cada muestra, agregando los datos por laboratorio, además de los valores generales. La media fue determinada de acuerdo a la ecuación 1.1 y la desviación estándar de acuerdo a la ecuación 1.3. El cálculo tanto de la media como de la desviación estándar de los analitos que presentaron censura izquierda (aluminio extraíble y azufre disponible) se realizó mediante regresión sobre estadísticas de orden (Regression on Order Statistics, ROS).

Cuadro 1.2. Métodos solicitados para la determinación de cada analito y unidades a reportar.

Analito	Ref. método	Unidades
Fertilidad		
pH en agua 1/2,5	3.1 INIA 2006	—
pH en CaCl 0,01M 1/2,5	3.1 INIA 2006	—
pH en KCl 1M 1/2,5	3.1 INIA 2006	—
Carbono orgánico elemental	DUMAS	g/kg
Carbono orgánico calcinación	7.2 INIA 2006	%
Carbono orgánico Walkley & Black	7.1 INIA 2006	%
C.Electrica 1/5	9.2 INIA 2006	dS/m
Macronutrientes		
Nitrógeno elemental	DUMAS	g/kg
Nitrógeno Kjeldahl	14.1 INIA 2006	%
Fósforo Olsen	6.1 INIA 2006	mg/kg
Azufre disponible	8.1 INIA 2006	mg/kg
Cationes extraíbles		
Calcio extraíble	4.1 INIA 2006	cmol+/kg
Magnesio extraíble	4.1 INIA 2006	cmol+/kg
Potasio extraíble	4.1 INIA 2006	cmol+/kg
Sodio extraíble	4.1 INIA 2006	cmol+/kg
Aluminio extraíble	5.1 INIA 2006	cmol+/kg
Micronutrientes		
Boro disponible	11.1 INIA 2006	mg/kg
Cobre disponible	15.1 INIA 1990	mg/kg
Manganeso disponible	15.1 INIA 1990	mg/kg
Hierro disponible	15.1 INIA 1990	mg/kg
Zinc disponible	15.1 INIA 1990	mg/kg
Textura		
Arcilla	—	%
Limo	—	%
Arena	—	%

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1.1)$$

donde: (1.2)

$\bar{x}$ es la media estimada,

x_i es cada valor informado,

n es el número de observaciones.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1.3)$$

donde:

s es la desviación estandar.

El cálculo del valor aceptado fue determinado de acuerdo a el estándar ISO 13528:2022¹. En particular, se utilizó un análisis robusto conocido como algoritmo A. Este algoritmo permite, por iteración, aceptar un valor para un analito dado ($\check{x}$) y su correspondiente desviación estándar ($\check{s}$) centrado valores extremos. Los valores iniciales de $\check{x}$ y $\check{s}$ son estimados a partir de la ecuación 1.4² y la ecuación 1.5. La iteración, comienza con los pasos indicados en las ecuaciones 1.7-1.10, utilizando un criterio de ajuste de una y media desviaciones estimadas (eq. 1.6). Se consideraron valores convergentes cuando la variación entre el valor estimado de una iteración y su antecesora variaron menos de tres cifras significativas.

¹ISO 13528:2022. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison. (Ed. 3).

²Esta ecuación corresponde al cálculo de la mediana de los datos.

$$\check{x} = \begin{cases} x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)} & \text{si } n \text{ es impar} \\ \frac{1}{2} \left(x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n}{2} + 1\right)} \right) & \text{si } n \text{ es par} \end{cases} \quad (1.4)$$

donde:

$\check{x}$ es el valor aceptado,

x_i es el i -ésimo valor ordenado del conjunto de datos.

$$\check{s} = 1,483 \text{ mediana } (abs(x_i - \check{x})) \quad (1.5)$$

donde:

$\check{s}$ es la desviación estándar del valor aceptado.

$$\delta = 1,5 \check{s} \quad (1.6)$$

donde:

δ es el criterio de ajuste.

$$x' = \begin{cases} \check{x} - \delta & \text{cuando } x_i < \check{x} - \delta \\ \check{x} + \delta & \text{cuando } x_i > \check{x} + \delta \\ x_i & \text{todos los otros casos} \end{cases} \quad (1.7)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n x'_i}{n} \quad (1.8)$$

$$\bar{s} = 1,134 \frac{\sum_i^n (x'_i - \bar{x})^2}{(n - 1)} \quad (1.9)$$

Con los valores de $\bar{x}$ y $\bar{s}$ se calculó el valor de la unidad tipificada (z-score) para cada laboratorio y para cada analito, de acuerdo con la ecuación 1.10.

$$z = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}}{\bar{s}} \quad (1.10)$$

donde:

z es el valor de la unidad tipificada.

En el reporte se presentan, por secciones, las medias y desviaciones estándar reportadas por cada laboratorio, la media y desviación estándar general, el valor aceptado y su desviación y el valor de la unidad tipificada, indicando con un '*' cuando este valor se encontraba a más de 2 $\bar{s}$ de la media general y con un '**' cuando se encontraba a más de 3 $\bar{s}$ de distancia.



Capítulo 2

Fertilidad

2.1 pH en agua

Para el ensayo de pH en agua 1:2,5, de los 29 laboratorios participantes, 28 resultados fueron informados para este parámetro. De este total solo existen 3 laboratorios que salen de la media con sus resultados. En general se observa que esta metodología esta consolidada para los laboratorios chilenos.

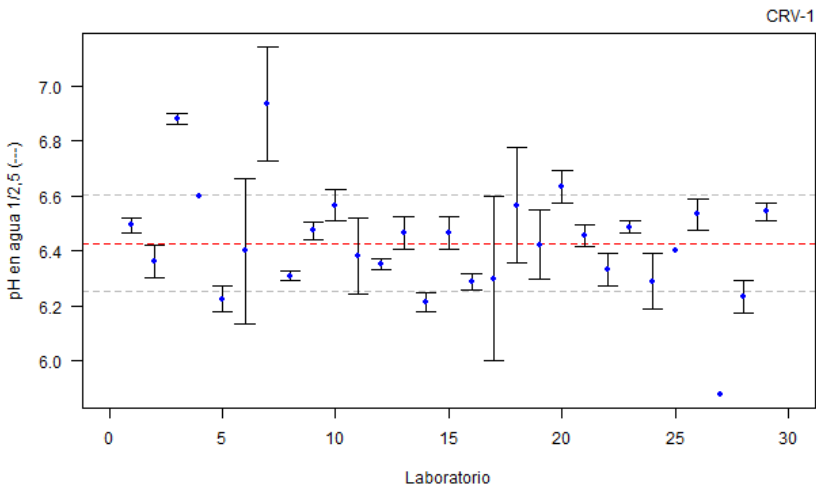


Figura 2.1.1. Valores reportados por cada laboratorio para pH en agua 1:2,5 en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

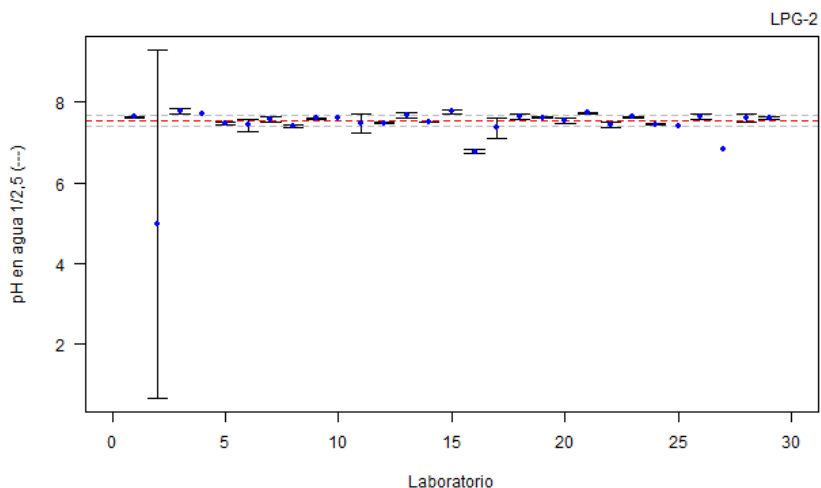


Figura 2.1.2. Valores reportados por cada laboratorio para pH en agua 1:2,5 en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

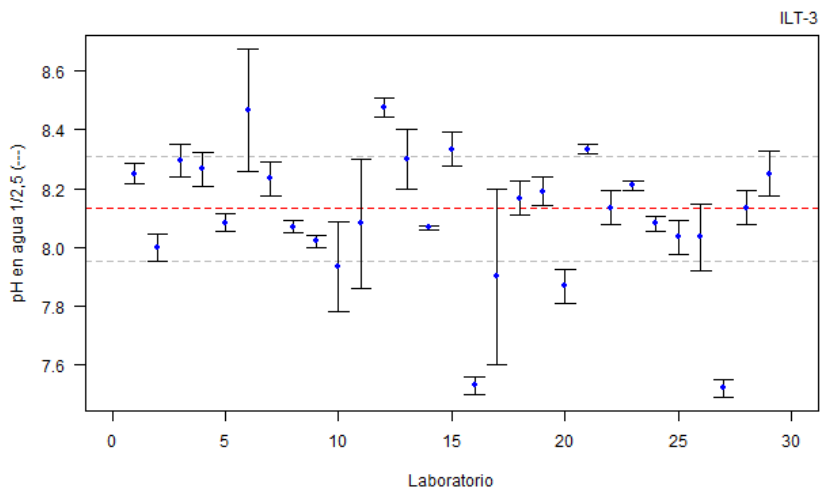


Figura 2.1.3. Valores reportados por cada laboratorio para pH en agua 1:2,5 en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 2.1. Media y desviación estándar de pH en agua 1:2,5 para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	6,49 ± 0,03	7,63 ± 0,03	8,25 ± 0,04
2	6,36 ± 0,06	4,98 ± 4,31**	8,00 ± 0,05
3	6,88 ± 0,02*	7,77 ± 0,07	8,30 ± 0,06
4	6,60 ± 0,00	7,70 ± 0,00	8,27 ± 0,06
5	6,23 ± 0,05	7,47 ± 0,02	8,08 ± 0,03
6	6,40 ± 0,26	7,43 ± 0,15	8,47 ± 0,21
7	6,93 ± 0,21*	7,57 ± 0,06	8,23 ± 0,06
8	6,31 ± 0,02	7,41 ± 0,02	8,07 ± 0,02
9	6,47 ± 0,03	7,60 ± 0,02	8,02 ± 0,02
10	6,57 ± 0,06	7,60 ± 0,00	7,93 ± 0,15
11	6,38 ± 0,14	7,47 ± 0,23	8,08 ± 0,22
12	6,35 ± 0,02	7,49 ± 0,02	8,48 ± 0,03
13	6,47 ± 0,06	7,67 ± 0,06	8,30 ± 0,10
14	6,21 ± 0,04	7,51 ± 0,02	8,07 ± 0,01
15	6,47 ± 0,06	7,77 ± 0,06	8,33 ± 0,06
16	6,29 ± 0,03	6,77 ± 0,05**	7,53 ± 0,03**
17	6,30 ± 0,30	7,37 ± 0,25	7,90 ± 0,30
18	6,57 ± 0,21	7,63 ± 0,06	8,17 ± 0,06
19	6,42 ± 0,13	7,62 ± 0,03	8,19 ± 0,05
20	6,63 ± 0,06	7,53 ± 0,06	7,87 ± 0,06
21	6,46 ± 0,04	7,73 ± 0,02	8,33 ± 0,02
22	6,33 ± 0,06	7,43 ± 0,06	8,13 ± 0,06
23	6,49 ± 0,02	7,63 ± 0,01	8,21 ± 0,02
24	6,29 ± 0,10	7,44 ± 0,02	8,08 ± 0,03
25	6,40 ± 0,00	7,40 ± 0,00	8,03 ± 0,06
26	6,53 ± 0,06	7,63 ± 0,06	8,03 ± 0,12
27	5,88 ± 0,00**	6,84 ± 0,00**	7,52 ± 0,03**
28	6,23 ± 0,06	7,60 ± 0,10	8,13 ± 0,06
29	6,54 ± 0,03	7,61 ± 0,03	8,25 ± 0,08
Media	6,43	7,42	8,11
D.E.	0,22	0,84	0,23
C.V.	0,03	0,11	0,03
Aceptado	6,43 ± 0,18	7,55 ± 0,14	8,13 ± 0,18
C.V.	0,03	0,02	0,02

Cuadro 2.2. Z-scores del pH en agua 1:2,5, calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0.38	0.55	0.67
2	-0.36	-18.93	-0.73
3	2.57	1.63	0.93
4	0.98	1.09	0.76
5	-1.14	-0.58	-0.27
6	-0.16	-0.87	1.89
7	2.88	0.11	0.58
8	-0.67	-1.07	-0.34
9	0.26	0.38	-0.62
10	0.79	0.35	-1.11
11	-0.25	-0.60	-0.28
12	-0.42	-0.48	1.94
13	0.22	0.84	0.95
14	-1.22	-0.33	-0.36
15	0.22	1.58	1.14
16	-0.78	-5.76	-3.37
17	-0.72	-1.36	-1.30
18	0.79	0.60	0.20
19	-0.02	0.50	0.33
20	1.17	-0.14	-1.48
21	0.17	1.28	1.14
22	-0.53	-0.87	0.02
23	0.34	0.55	0.45
24	-0.78	-0.80	-0.28
25	-0.16	-1.12	-0.55
26	0.60	0.60	-0.55
27	-3.11	-5.24	-3.43
28	-1.10	0.35	0.02
29	0.66	0.43	0.67

2.2 pH en $CaCl_2$

En el ensayo de pH en $CaCl_2$ 0,01M 1:2,5, de los 29 laboratorios participantes, 25 resultados fueron informados para este parámetro. De este total solo existen 2 laboratorios que salen de la media con sus resultados. Al igual como el pH en agua, son metodologías sólidas por el resultado en general.

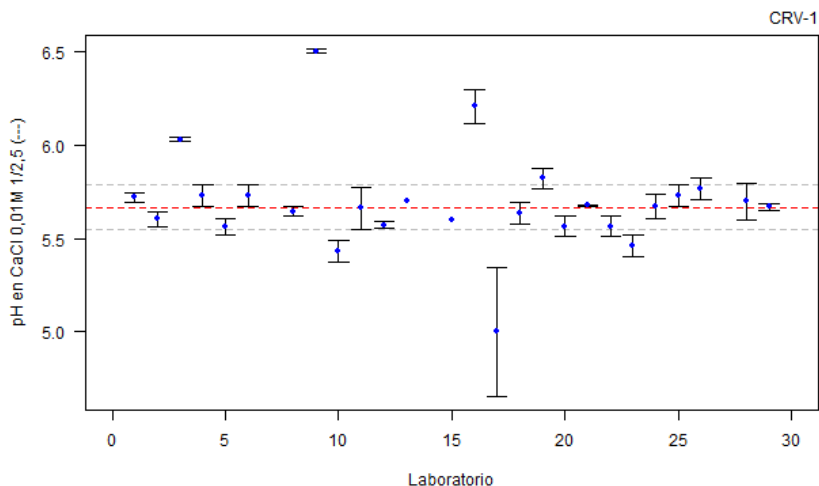


Figura 2.2.1. Valores reportados por cada laboratorio para pH en $CaCl_2$ 0,01M 1:2,5 en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

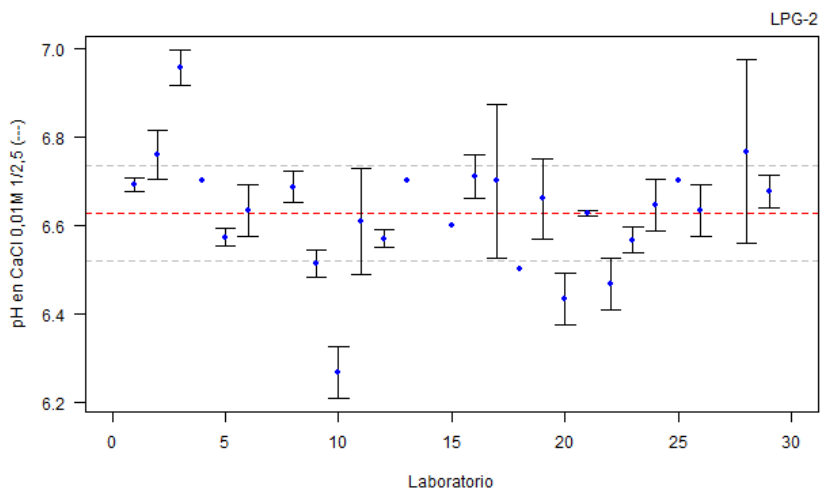


Figura 2.2.2. Valores reportados por cada laboratorio para pH en CaCl_2 0,01M 1:2,5 en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

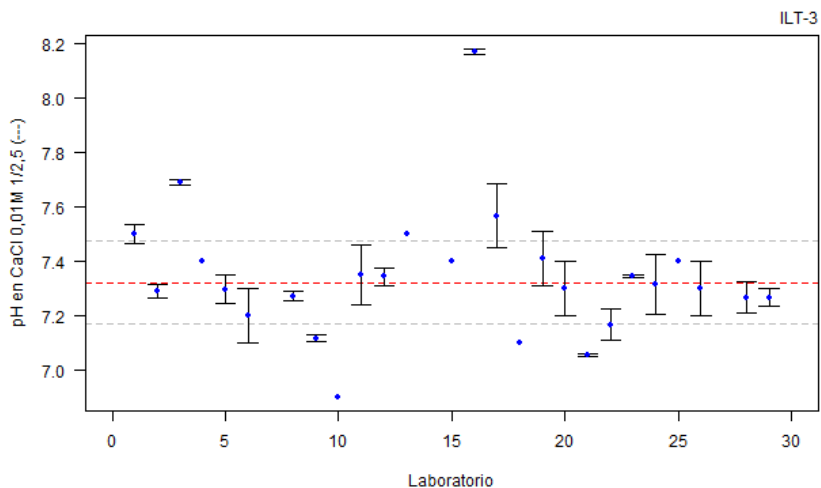


Figura 2.2.3. Valores reportados por cada laboratorio para pH en CaCl_2 0,01M 1:2,5 en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 2.3. Media y desviación estándar de pH en $CaCl_2$ 0,01M 1:2,5 para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	5,72 ± 0,03	6,69 ± 0,02	7,50 ± 0,04
2	5,61 ± 0,04	6,76 ± 0,06	7,29 ± 0,03
3	6,03 ± 0,01*	6,96 ± 0,04**	7,69 ± 0,01*
4	5,73 ± 0,06	6,70 ± 0,00	7,40 ± 0,00
5	5,56 ± 0,04	6,57 ± 0,02	7,30 ± 0,05
6	5,73 ± 0,06	6,63 ± 0,06	7,20 ± 0,10
7			
8	5,65 ± 0,02	6,69 ± 0,04	7,27 ± 0,02
9	6,51 ± 0,01**	6,51 ± 0,03	7,12 ± 0,01
10	5,43 ± 0,06	6,27 ± 0,06**	6,90 ± 0,00*
11	5,66 ± 0,11	6,61 ± 0,12	7,35 ± 0,11
12	5,57 ± 0,02	6,57 ± 0,02	7,34 ± 0,03
13	5,70 ± 0,00	6,70 ± 0,00	7,50 ± 0,00
14			
15	5,60 ± 0,00	6,60 ± 0,00	7,40 ± 0,00
16	6,21 ± 0,09**	6,71 ± 0,05	8,17 ± 0,01**
17	5,00 ± 0,35**	6,70 ± 0,17	7,57 ± 0,12
18	5,63 ± 0,06	6,50 ± 0,00	7,10 ± 0,00
19	5,82 ± 0,06	6,66 ± 0,09	7,41 ± 0,10
20	5,57 ± 0,06	6,43 ± 0,06	7,30 ± 0,10
21	5,68 ± 0,01	6,63 ± 0,01	7,05 ± 0,01
22	5,57 ± 0,06	6,47 ± 0,06	7,17 ± 0,06
23	5,46 ± 0,06	6,57 ± 0,03	7,34 ± 0,01
24	5,67 ± 0,07	6,65 ± 0,06	7,31 ± 0,11
25	5,73 ± 0,06	6,70 ± 0,00	7,40 ± 0,00
26	5,77 ± 0,06	6,63 ± 0,06	7,30 ± 0,10
27			
28	5,70 ± 0,10	6,77 ± 0,21	7,27 ± 0,06
29	5,67 ± 0,02	6,68 ± 0,04	7,27 ± 0,03
Media	5,69	6,63	7,34
D.E.	0,27	0,14	0,24
C.V.	0,05	0,02	0,03
Aceptado	5,67 ± 0,12	6,63 ± 0,11	7,32 ± 0,15
C.V.	0,02	0,02	0,02

Cuadro 2.4. Z-scores del pH en $CaCl_2$ 0,01M 1:2,5, calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0.42	0.60	1.18
2	-0.50	1.22	-0.20
3	2.98	3.03	2.42
4	0.53	0.66	0.52
5	-0.85	-0.51	-0.15
6	0.53	0.05	-0.79
7			
8	-0.17	0.54	-0.33
9	6.84	-1.06	-1.33
10	-1.91	-3.34	-2.75
11	-0.04	-0.17	0.20
12	-0.77	-0.54	0.15
13	0.26	0.66	1.18
14			
15	-0.55	-0.26	0.52
16	4.42	0.76	5.56
17	-5.45	0.66	1.61
18	-0.28	-1.18	-1.44
19	1.27	0.29	0.59
20	-0.83	-1.80	-0.13
21	0.07	-0.01	-1.75
22	-0.83	-1.49	-1.00
23	-1.67	-0.57	0.15
24	0.04	0.17	-0.04
25	0.53	0.66	0.52
26	0.81	0.05	-0.13
27			
28	0.26	1.28	-0.35
29	0.02	0.45	-0.35

2.3 pH en *KCl*

En el ensayo de pH en KCl 1M 1:2,5, de los 29 laboratorios participantes, 22 resultados fueron informados para este parámetro. De este total solo existen 3 laboratorios que salen de la media con sus resultados, en cada una de las 3 muestras. Las desviaciones pequeñas muestran la robustez del método.

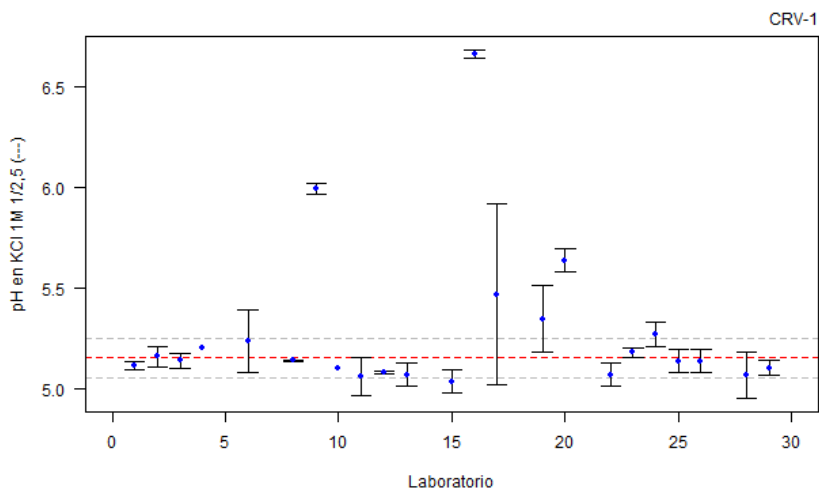


Figura 2.3.1. Valores reportados por cada laboratorio para pH en KCl 1M 1:2,5 en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

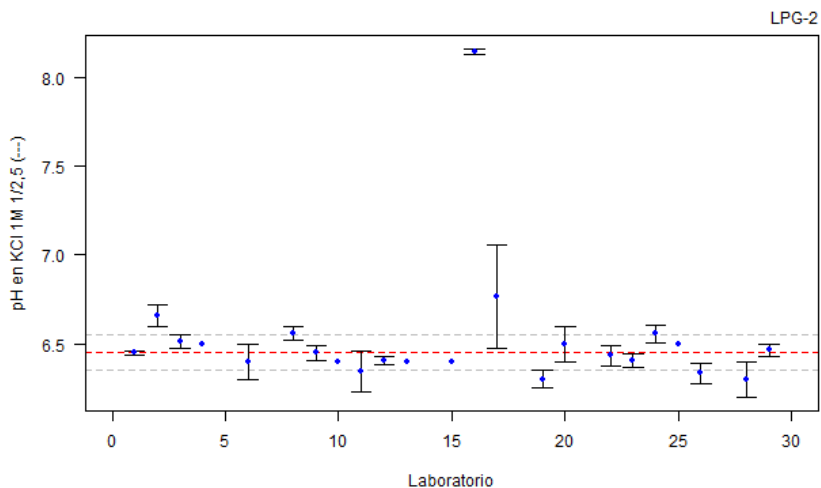


Figura 2.3.2. Valores reportados por cada laboratorio para pH en KCl 1M 1:2,5 en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

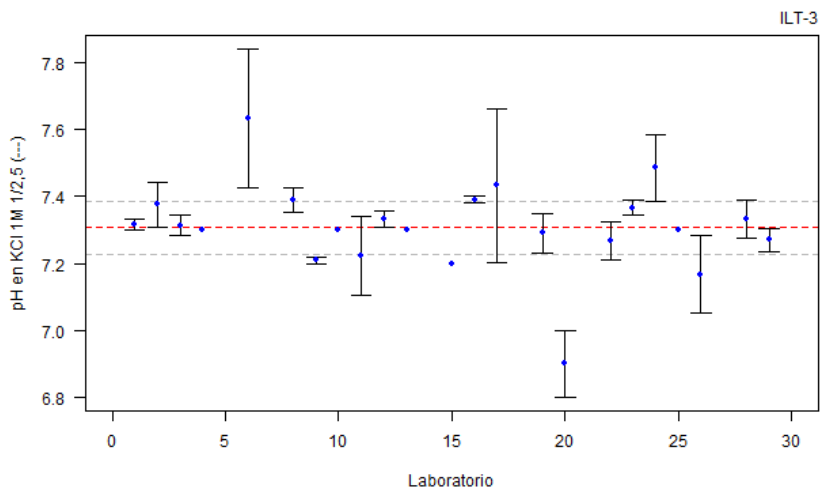


Figura 2.3.3. Valores reportados por cada laboratorio para pH en KCl 1M 1:2,5 en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 2.5. Media y desviación estándar de pH en *KCl* 1M 1:2,5 para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	5,11 ± 0,02	6,45 ± 0,01	7,32 ± 0,02
2	5,16 ± 0,05	6,66 ± 0,06*	7,38 ± 0,07
3	5,14 ± 0,04	6,51 ± 0,04	7,31 ± 0,03
4	5,20 ± 0,00	6,50 ± 0,00	7,30 ± 0,00
5			
6	5,23 ± 0,15	6,40 ± 0,10	7,63 ± 0,21**
7			
8	5,14 ± 0,01	6,56 ± 0,04	7,39 ± 0,04
9	5,99 ± 0,03**	6,45 ± 0,04	7,21 ± 0,01
10	5,10 ± 0,00	6,40 ± 0,00	7,30 ± 0,00
11	5,06 ± 0,10	6,35 ± 0,12	7,22 ± 0,12
12	5,08 ± 0,01	6,41 ± 0,03	7,33 ± 0,03
13	5,07 ± 0,06	6,40 ± 0,00	7,30 ± 0,00
14			
15	5,03 ± 0,06	6,40 ± 0,00	7,20 ± 0,00
16	6,66 ± 0,02**	8,15 ± 0,02**	7,39 ± 0,01
17	5,47 ± 0,45**	6,77 ± 0,29**	7,43 ± 0,23
18			
19	5,34 ± 0,17	6,30 ± 0,05	7,29 ± 0,06
20	5,63 ± 0,06**	6,50 ± 0,10	6,90 ± 0,10**
21			
22	5,07 ± 0,06	6,43 ± 0,06	7,27 ± 0,06
23	5,18 ± 0,02	6,41 ± 0,04	7,37 ± 0,02
24	5,27 ± 0,06	6,56 ± 0,05	7,49 ± 0,10*
25	5,13 ± 0,06	6,50 ± 0,00	7,30 ± 0,00
26	5,13 ± 0,06	6,33 ± 0,06	7,17 ± 0,12
27			
28	5,07 ± 0,12	6,30 ± 0,10	7,33 ± 0,06
29	5,10 ± 0,04	6,46 ± 0,04	7,27 ± 0,04
Media	5,28	6,53	7,31
D.E.	0,38	0,37	0,15
C.V.	0,07	0,06	0,02
Aceptado	5,15 ± 0,10	6,45 ± 0,10	7,31 ± 0,08
C.V.	0,02	0,02	0,01

Cuadro 2.6. Z-scores del pH en *KCl* 1M 1:2,5, calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	-0.41	-0.02	0.12
2	0.06	2.11	0.88
3	-0.14	0.63	0.08
4	0.50	0.50	-0.09
5			
6	0.83	-0.54	4.11
7			
8	-0.14	1.08	1.04
9	8.44	-0.02	-1.22
10	-0.51	-0.54	-0.09
11	-0.95	-1.08	-1.06
12	-0.74	-0.47	0.33
13	-0.85	-0.54	-0.09
14			
15	-1.18	-0.54	-1.35
16	15.18	17.46	1.04
17	3.18	3.24	1.59
18			
19	1.94	-1.57	-0.22
20	4.86	0.50	-5.13
21			
22	-0.85	-0.19	-0.51
23	0.26	-0.47	0.75
24	1.20	1.08	2.26
25	-0.17	0.50	-0.09
26	-0.17	-1.22	-1.77
27			
28	-0.85	-1.57	0.33
29	-0.51	0.12	-0.47

2.4 Carbono orgánico elemental

La determinación de carbono orgánico elemental mediante el método de Dumas tuvo una baja participación, con solo 6 de los 29 laboratorios (21 %) reportando resultados. Aunque en las tablas siguientes se informa un valor aceptado, no es posible establecerlo con validez estadística debido al reducido número de laboratorios participantes. No obstante, es importante señalar que las desviaciones estándar observadas fueron elevadas, con coeficientes de variación superiores al 50 % en todas las muestras. Si bien la variación intra-laboratorio fue baja, la alta dispersión entre laboratorios sugiere que no todos utilizaron el mismo procedimiento o que existen diferencias significativas en su implementación.

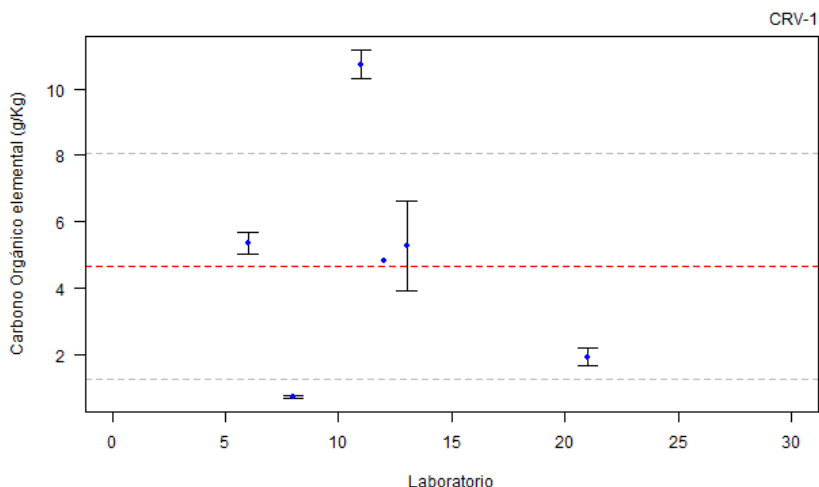


Figura 2.4.1. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de carbono orgánico por análisis elemental en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

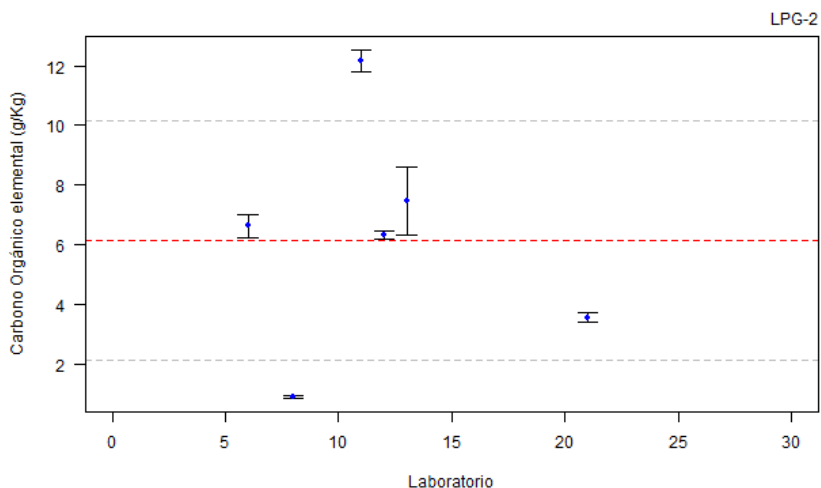


Figura 2.4.2. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de carbono orgánico por análisis elemental en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

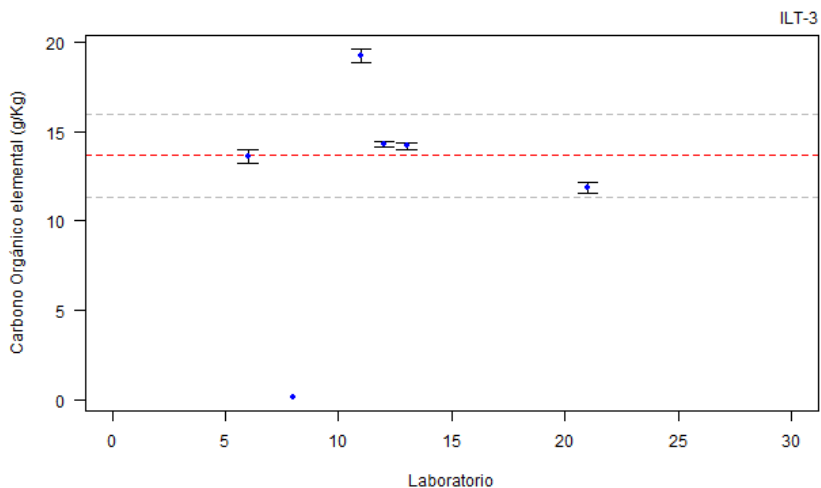


Figura 2.4.3. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de carbono orgánico por análisis elemental en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 2.7. Media y desviación estándar de carbono orgánico por análisis elemental (g/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1			
2			
3			
4			
5			
6	5,37 ± 0,32	6,63 ± 0,38	13,60 ± 0,40
7			
8	0,74 ± 0,04	0,92 ± 0,04	0,17 ± 0,00**
9			
10			
11	10,73 ± 0,44	12,16 ± 0,37	19,21 ± 0,39*
12	4,82 ± 0,00	6,32 ± 0,13	14,30 ± 0,17
13	5,29 ± 1,34	7,48 ± 1,16	14,19 ± 0,20
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21	1,94 ± 0,27	3,58 ± 0,16	11,82 ± 0,30
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
Media	4,81	6,18	12,22
D.E.	3,30	3,59	6,01
C.V.	0,69	0,58	0,49
Aceptado	4,65 ± 3,40	6,15 ± 4,01	13,66 ± 2,32
C.V.	0,73	0,65	0,17



Cuadro 2.8. Z-scores del carbono orgánico por análisis elemental (g/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1			
2			
3			
4			
5			
6	0.21	0.12	-0.03
7			
8	-1.15	-1.30	-5.82
9			
10			
11	1.79	1.50	2.39
12	0.05	0.04	0.27
13	0.19	0.33	0.23
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21	-0.80	-0.64	-0.79
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			

2.5 Carbono orgánico calcinación

En el ensayo de carbono orgánico por calcinación, 18 de los 29 laboratorios participantes informaron resultados. Solo en dos casos (laboratorio 6, CRV-1, y laboratorio 15, LPG-2), los valores reportados se encontraron a más de dos desviaciones estándar del valor aceptado. Sin embargo, el coeficiente de variación observado para la prueba fue cercano al 50 %, lo que indica una alta variabilidad o baja reproducibilidad del método empleado. Dado que se observó una baja variabilidad intra-laboratorio, es posible que la metodología no esté siendo implementada de forma homogénea entre los laboratorios participantes.

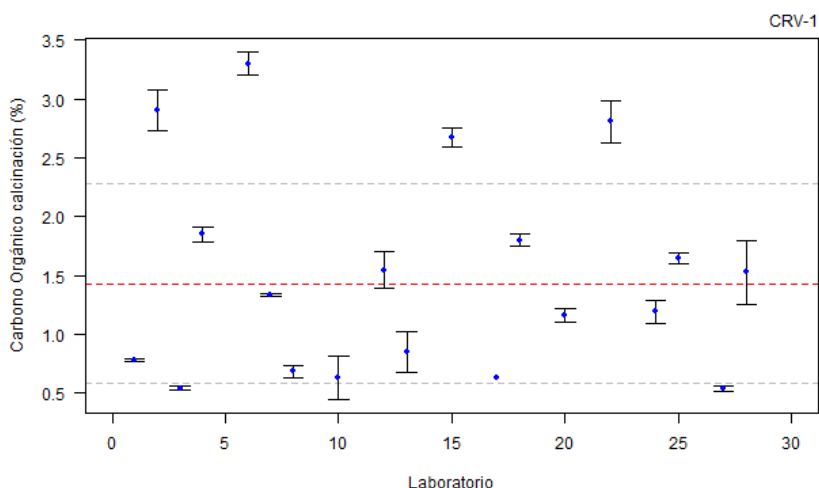


Figura 2.5.1. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de carbono orgánico (pérdida por calcinación) en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

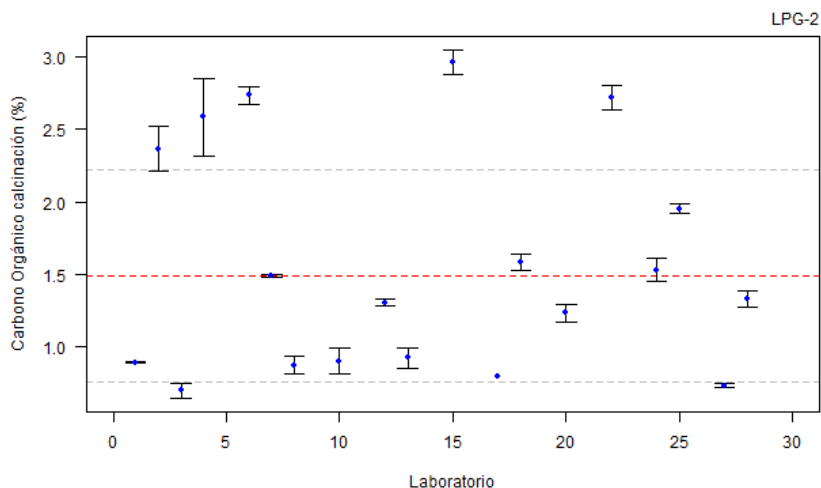


Figura 2.5.2. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de carbono orgánico (pérdida por calcinación) en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

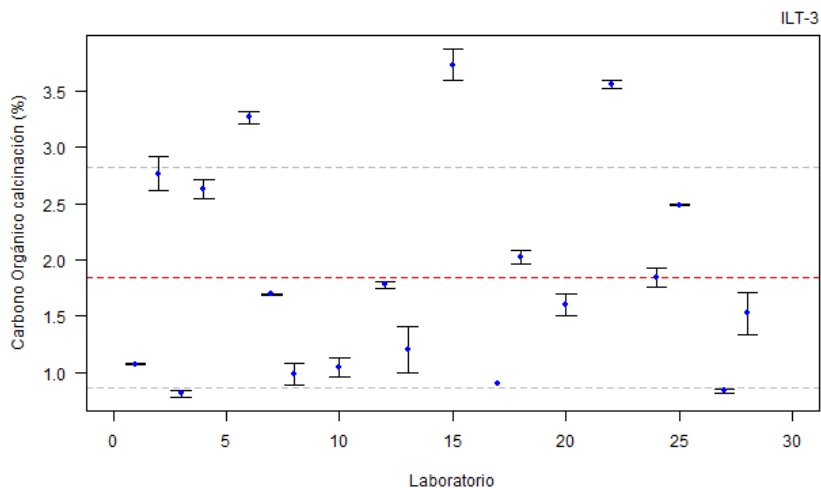


Figura 2.5.3. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de carbono orgánico (pérdida por calcinación) en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 2.9. Media y desviación estándar de carbono orgánico (pérdida por calcinación) (%) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0,78 ± 0,01	0,89 ± 0,01	1,07 ± 0,01
2	2,90 ± 0,17	2,37 ± 0,15	2,77 ± 0,15
3	0,54 ± 0,02	0,70 ± 0,05	0,81 ± 0,03
4	1,85 ± 0,06	2,58 ± 0,27	2,63 ± 0,09
5			
6	3,30 ± 0,10*	2,73 ± 0,06	3,27 ± 0,06
7	1,34 ± 0,01	1,49 ± 0,01	1,70 ± 0,01
8	0,68 ± 0,05	0,87 ± 0,06	0,99 ± 0,10
9			
10	0,63 ± 0,19	0,90 ± 0,09	1,05 ± 0,09
11			
12	1,55 ± 0,16	1,31 ± 0,02	1,78 ± 0,03
13	0,85 ± 0,17	0,92 ± 0,07	1,20 ± 0,21
14			
15	2,67 ± 0,09	2,96 ± 0,08*	3,73 ± 0,14
16			
17	0,63 ± 0,00	0,80 ± 0,00	0,90 ± 0,00
18	1,80 ± 0,05	1,59 ± 0,06	2,03 ± 0,06
19			
20	1,17 ± 0,06	1,23 ± 0,06	1,60 ± 0,10
21			
22	2,81 ± 0,18	2,72 ± 0,08	3,56 ± 0,04
23			
24	1,19 ± 0,10	1,53 ± 0,08	1,84 ± 0,08
25	1,65 ± 0,05	1,95 ± 0,03	2,49 ± 0,01
26			
27	0,54 ± 0,02	0,73 ± 0,02	0,84 ± 0,02
28	1,53 ± 0,27	1,33 ± 0,06	1,53 ± 0,19
29			
Media	1,49	1,56	1,88
D.E.	0,86	0,75	0,93
C.V.	0,58	0,48	0,49
Aceptado	1,43 ± 0,85	1,49 ± 0,73	1,85 ± 0,98
C.V.	0,59	0,49	0,53

Cuadro 2.10. Z-scores del carbono orgánico (pérdida por calcinación) (%), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	-0.77	-0.82	-0.79
2	1.73	1.20	0.94
3	-1.05	-1.08	-1.06
4	0.49	1.49	0.80
5			
6	2.20	1.70	1.45
7	-0.11	-0.00	-0.16
8	-0.88	-0.85	-0.88
9			
10	-0.94	-0.80	-0.82
11			
12	0.14	-0.25	-0.07
13	-0.68	-0.78	-0.66
14			
15	1.46	2.01	1.93
16			
17	-0.94	-0.95	-0.97
18	0.44	0.13	0.18
19			
20	-0.31	-0.35	-0.25
21			
22	1.62	1.68	1.75
23			
24	-0.28	0.05	-0.01
25	0.26	0.63	0.66
26			
27	-1.05	-1.04	-1.03
28	0.11	-0.22	-0.33
29			

2.6 Carbono orgánico Walkley & Black

El ensayo de determinación de carbono orgánico mediante el método de Walkley & Black tuvo una alta participación, con 25 laboratorios que informaron resultados. Solo dos laboratorios presentaron valores que excedieron en dos, e incluso hasta tres, desviaciones estándar el valor aceptado. El coeficiente de variación observado fue superior al 25 % para todas las muestras, lo que indica una alta variabilidad entre laboratorios. Sin embargo, la variación intra-laboratorio fue baja, lo que podría ser indicativo de diferencias metodológicas entre laboratorios. Aquellos que reportaron valores alejados del valor aceptado informaron sistemáticamente concentraciones más altas en todas las muestras, lo que sugiere una sobreestimación consistente del contenido de carbono orgánico.

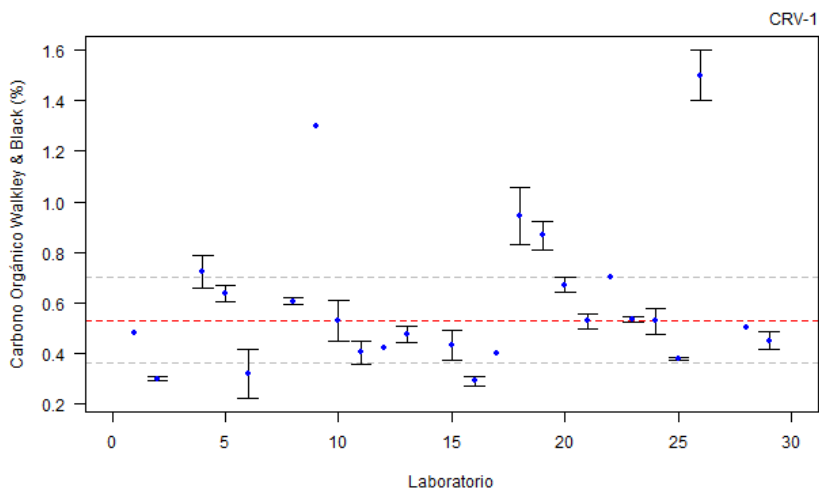


Figura 2.6.1. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de carbono orgánico (Walkley & Black) en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

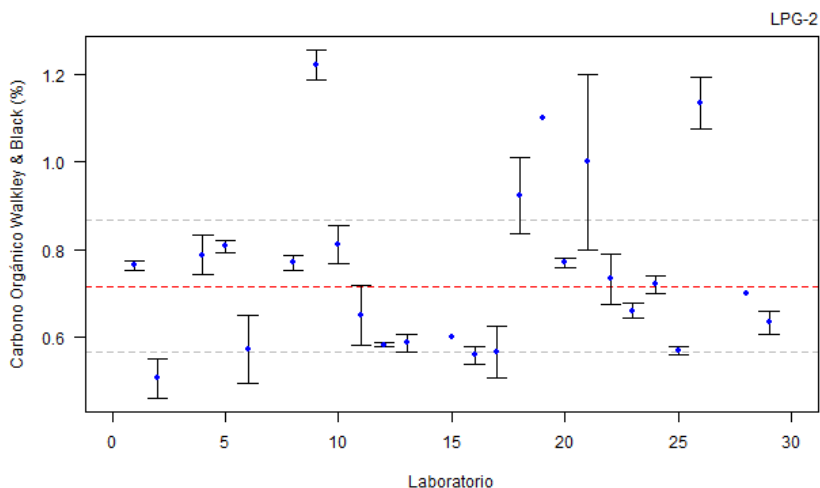


Figura 2.6.2. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de carbono orgánico (Walkley & Black) en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

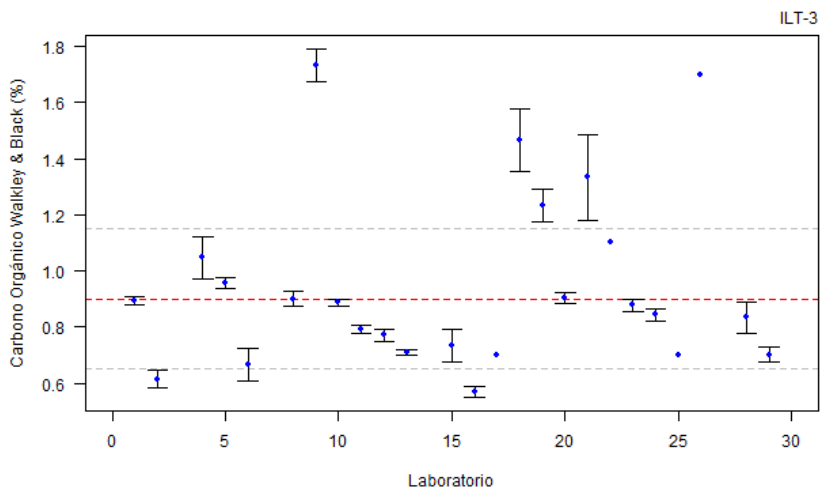


Figura 2.6.3. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de carbono orgánico (Walkley & Black) en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 2.11. Media y desviación estándar de carbono orgánico (Walkley & Black) (%) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0,48 ± 0,00	0,76 ± 0,01	0,89 ± 0,02
2	0,30 ± 0,01	0,51 ± 0,05	0,61 ± 0,03
3			
4	0,72 ± 0,06	0,79 ± 0,05	1,05 ± 0,08
5	0,64 ± 0,03	0,81 ± 0,02	0,96 ± 0,02
6	0,32 ± 0,10	0,57 ± 0,08	0,67 ± 0,06
7			
8	0,61 ± 0,02	0,77 ± 0,02	0,90 ± 0,03
9	1,30 ± 0,00**	1,22 ± 0,03**	1,73 ± 0,06**
10	0,53 ± 0,08	0,81 ± 0,04	0,89 ± 0,01
11	0,40 ± 0,05	0,65 ± 0,07	0,79 ± 0,02
12	0,42 ± 0,00	0,58 ± 0,01	0,77 ± 0,02
13	0,47 ± 0,03	0,59 ± 0,02	0,71 ± 0,01
14			
15	0,43 ± 0,06	0,60 ± 0,00	0,73 ± 0,06
16	0,29 ± 0,02	0,56 ± 0,02	0,57 ± 0,02
17	0,40 ± 0,00	0,57 ± 0,06	0,70 ± 0,00
18	0,94 ± 0,11*	0,92 ± 0,09	1,47 ± 0,11*
19	0,87 ± 0,06	1,10 ± 0,00*	1,23 ± 0,06
20	0,67 ± 0,03	0,77 ± 0,01	0,90 ± 0,02
21	0,53 ± 0,03	1,00 ± 0,20	1,33 ± 0,15
22	0,70 ± 0,00	0,73 ± 0,06	1,10 ± 0,00
23	0,53 ± 0,01	0,66 ± 0,02	0,88 ± 0,02
24	0,53 ± 0,05	0,72 ± 0,02	0,84 ± 0,02
25	0,38 ± 0,00	0,57 ± 0,01	0,70 ± 0,00
26	1,50 ± 0,10**	1,13 ± 0,06*	1,70 ± 0,00**
27			
28	0,50 ± 0,00	0,70 ± 0,00	0,83 ± 0,06
29	0,45 ± 0,04	0,63 ± 0,03	0,70 ± 0,03
Media	0,60	0,75	0,95
D.E.	0,29	0,20	0,32
C.V.	0,49	0,26	0,33
Aceptado	0,53 ± 0,17	0,72 ± 0,15	0,90 ± 0,25
C.V.	0,32	0,21	0,28

Cuadro 2.12. Z-scores del carbono orgánico (Walkley & Black) (%), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	-0.30	0.32	-0.03
2	-1.37	-1.40	-1.15
3			
4	1.14	0.47	0.59
5	0.63	0.61	0.23
6	-1.25	-0.95	-0.93
7			
8	0.45	0.36	-0.00
9	4.55	3.37	3.33
10	-0.01	0.63	-0.05
11	-0.76	-0.44	-0.43
12	-0.66	-0.89	-0.52
13	-0.34	-0.86	-0.76
14			
15	-0.58	-0.77	-0.67
16	-1.43	-1.04	-1.32
17	-0.78	-1.00	-0.80
18	2.44	1.39	2.26
19	1.99	2.57	1.33
20	0.82	0.36	0.01
21	-0.03	1.90	1.73
22	1.00	0.12	0.80
23	0.01	-0.37	-0.09
24	-0.03	0.03	-0.23
25	-0.91	-0.99	-0.80
26	5.74	2.79	3.20
27			
28	-0.18	-0.11	-0.27
29	-0.48	-0.55	-0.80

2.7 Conductividad eléctrica

En el ensayo de conductividad eléctrica de los 29 Laboratorios participantes, 25 resultados fueron recibidos, existen 6 resultados que escapan de la media. En este parámetro hay que tener en cuenta la importancia de la temperatura de la muestra, agitación y tiempo de agitación, además algo no menor la unidad en que es solicitado el parámetro.

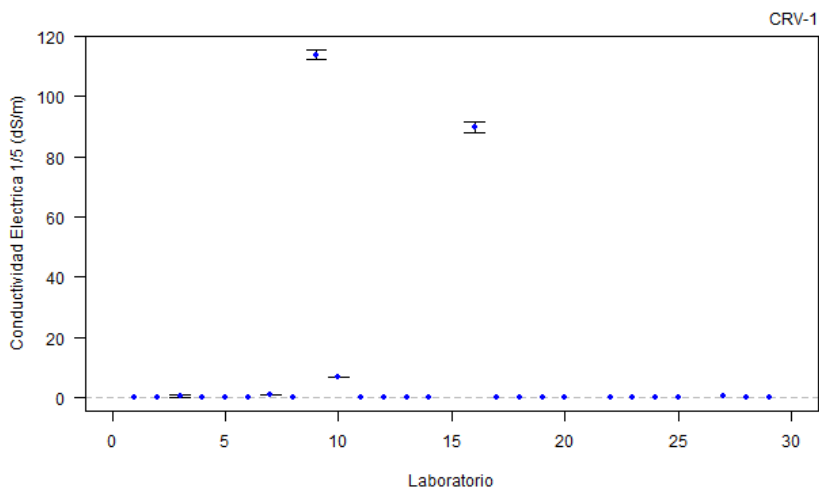


Figura 2.7.1. Valores reportados por cada laboratorio para conductividad eléctrica en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

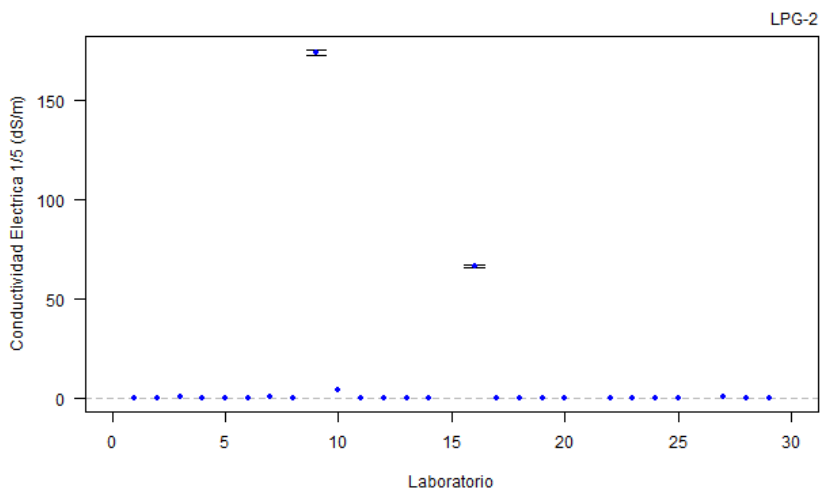


Figura 2.7.2. Valores reportados por cada laboratorio para conductividad eléctrica en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

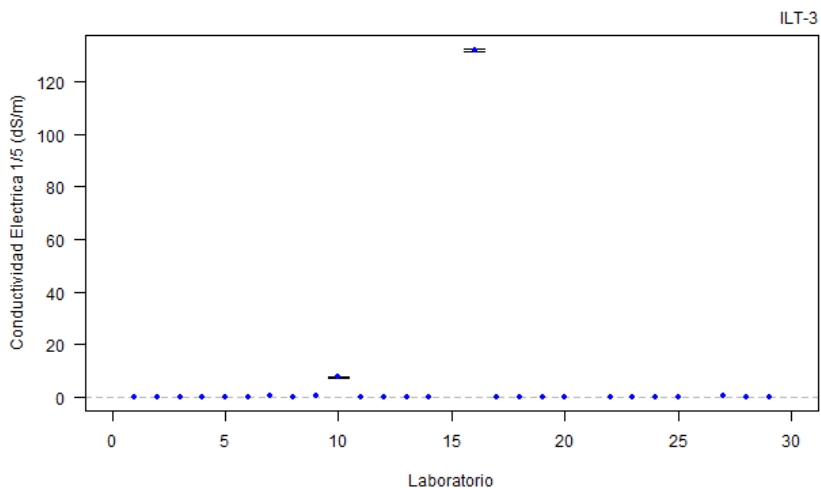


Figura 2.7.3. Valores reportados por cada laboratorio para conductividad eléctrica en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 2.13. Media y desviación estándar de conductividad eléctrica (dS/m) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0,07 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,13 ± 0,02
2	0,07 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,11 ± 0,01
3	0,50 ± 0,37**	0,73 ± 0,02**	0,13 ± 0,01
4	0,06 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,08 ± 0,00
5	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,11 ± 0,01
6	0,06 ± 0,00	0,05 ± 0,01	0,09 ± 0,01
7	0,74 ± 0,06**	0,41 ± 0,04**	0,45 ± 0,02**
8	0,07 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,11 ± 0,01
9	113,90 ± 1,65**	173,60 ± 1,42**	0,23 ± 0,01*
10	6,63 ± 0,12**	4,20 ± 0,00**	7,53 ± 0,12**
11	0,07 ± 0,00	0,06 ± 0,01	0,10 ± 0,02
12	0,09 ± 0,00	0,09 ± 0,00	0,15 ± 0,01
13	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,11 ± 0,01
14	0,06 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,10 ± 0,01
15			
16	89,71 ± 1,90**	66,10 ± 0,60**	132,10 ± 0,40**
17	0,06 ± 0,00	0,04 ± 0,01	0,07 ± 0,01
18	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,00	0,09 ± 0,01
19	0,05 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,07 ± 0,00
20	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,01
21			
22	0,05 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,09 ± 0,00
23	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,00	0,13 ± 0,01
24	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,09 ± 0,01
25	0,06 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,08 ± 0,00
26			
27	0,57 ± 0,00**	0,28 ± 0,00**	0,34 ± 0,00**
28	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01
29	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,00	0,13 ± 0,00
Media	8,20	9,48	5,49
D.E.	27,44	35,41	25,53
C.V.	3,34	3,74	4,65
Aceptado	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,02	0,11 ± 0,04
C.V.	0,18	0,26	0,38

Cuadro 2.14. Z-scores de conductividad eléctrica (dS/m), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0.31	-0.26	0.42
2	-0.17	0.08	-0.19
3	34.73	40.18	0.27
4	-0.63	-0.28	-0.80
5	-0.36	0.52	-0.03
6	-0.93	-0.92	-0.67
7	54.35	20.55	7.63
8	-0.07	0.38	-0.18
9	9204.45	10427.62	2.73
10	530.89	248.49	170.64
11	0.18	-0.48	-0.42
12	1.79	1.52	0.89
13	-1.17	-0.88	-0.03
14	-0.45	-0.28	-0.41
15			
16	7248.18	3968.02	3035.85
17	-0.23	-1.32	-1.10
18	-1.17	-0.88	-0.65
19	-1.65	-1.83	-1.09
20	-0.36	-1.08	-0.95
21			
22	-1.44	-0.88	-0.57
23	0.61	-0.32	0.43
24	0.18	0.92	-0.65
25	-0.58	-0.58	-0.81
26			
27	40.61	12.94	5.18
28	-0.36	-0.48	-0.95
29	-0.36	0.92	0.35

Capítulo 3

Macronutrientes

3.1 Nitrógeno elemental

Sólo 7 laboratorios participaron de la determinación de nitrógeno elemental. Esto representa un 24 % de participación para la determinación de este analito. Las medias observadas para 2 de las tres muestras analizadas se encuentran por sobre el valor aceptado, indicando que los laboratorios que se apartan más del valor aceptado tienden a sobreestimar el contenido de nitrógeno de las muestras. Esto no fue observado para la muestra ILT-3, donde el valor aceptado corresponde a la media calculada a partir de los resultados de los laboratorios participantes. A partir de la puntuación estándar de los distintos laboratorios se observa que 4 de los 7 laboratorios que reportaron este analito se encuentran a más de una desviación estándar del promedio en al menos alguna de las tres muestras, encontrándose sólo uno de ellos —el laboratorio 6— a más de dos desviaciones. La determinación en sí misma, parece presentar una alta variabilidad, ya que la desviación estándar para cada valor aceptado es cercana a su media, con coeficientes de variación entre el valor aceptado y su desviación de 0.79, 0.78 y 0.46 para cada una de las muestras analizadas.



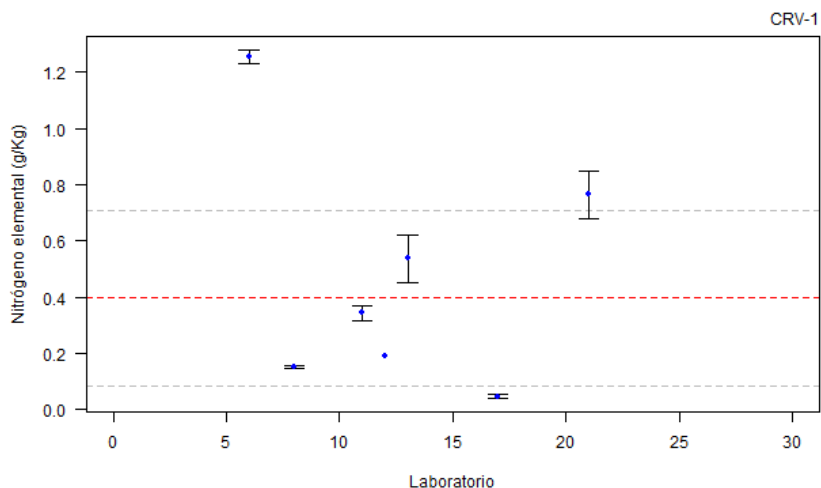


Figura 3.1.1. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de nitrógeno por determinación elemental en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

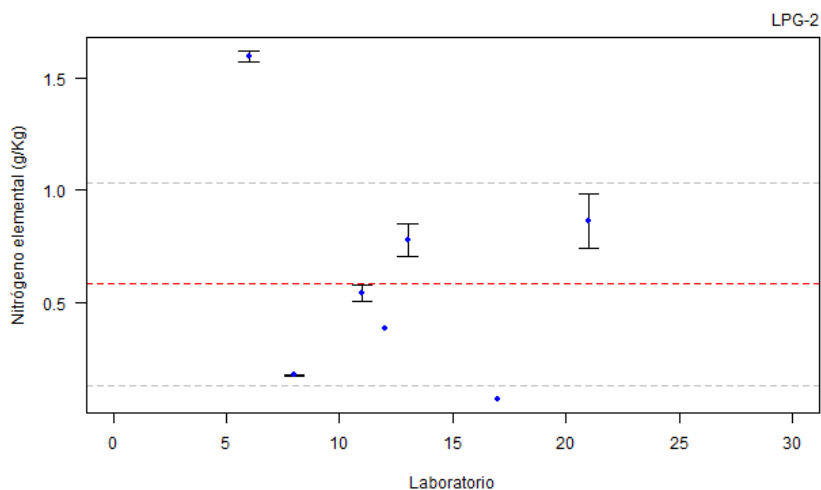


Figura 3.1.2. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de nitrógeno por determinación elemental en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

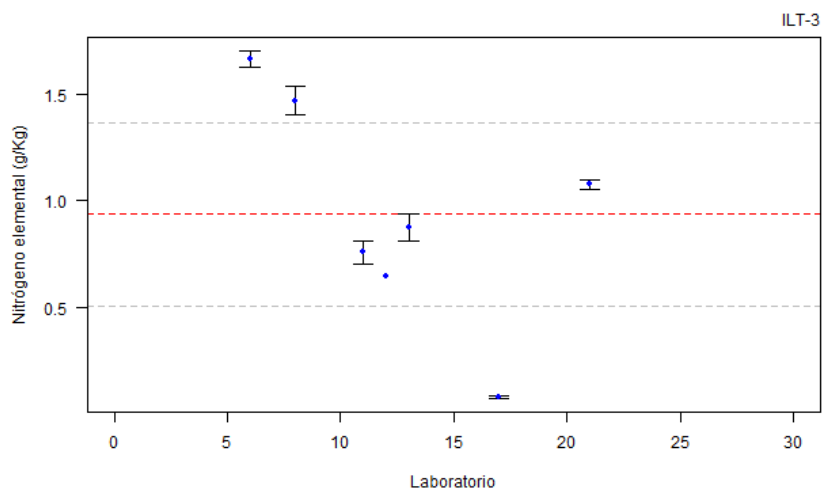


Figura 3.1.3. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de nitrógeno por determinación elemental en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 3.1. Media y desviación estándar de nitrógeno por determinación elemental (g/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1			
2			
3			
4			
5			
6	1,25 ± 0,03*	1,59 ± 0,03*	1,66 ± 0,04
7			
8	0,15 ± 0,00	0,18 ± 0,00	1,47 ± 0,07
9			
10			
11	0,34 ± 0,03	0,54 ± 0,04	0,76 ± 0,06
12	0,19 ± 0,00	0,38 ± 0,00	0,65 ± 0,00
13	0,54 ± 0,09	0,78 ± 0,07	0,88 ± 0,06
14			
15			
16			
17	0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,00	0,08 ± 0,01
18			
19			
20			
21	0,76 ± 0,08	0,86 ± 0,12	1,08 ± 0,02
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
Media	0,47	0,63	0,94
D.E.	0,40	0,49	0,50
C.V.	0,86	0,78	0,53
Aceptado	0,40 ± 0,31	0,58 ± 0,45	0,94 ± 0,43
C.V.	0,79	0,78	0,46

Cuadro 3.2. Z-scores del nitrógeno por determinación elemental (g/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1			
2			
3			
4			
5			
6	2.74	2.24	1.70
7			
8	-0.78	-0.90	1.24
9			
10			
11	-0.17	-0.09	-0.41
12	-0.66	-0.44	-0.67
13	0.45	0.43	-0.14
14			
15			
16			
17	-1.12	-1.13	-1.99
18			
19			
20			
21	1.18	0.62	0.33
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			





3.2 Nitrógeno Kjeldahl

Casi un 80 % de los laboratorios participantes realizaron la determinación de nitrógeno Kjeldahl. Para este analito se observó una alta dispersión de los datos, con coeficientes de variación en torno al 300 %. Cinco laboratorios presentaron valores que se encontraron a más de dos desviaciones estándar del valor aceptado, ubicándose todos ellos a más de tres desviaciones del valor aceptado para, al menos, alguna de las tres muestras analizadas. Por la magnitud de la diferencia, pareciera que en algunos casos el problema conlleva, además de posibles errores en la analítica, a un arrastre de error por conversión de unidades. Respecto a la reproducibilidad de la determinación, esta parece presentar una alta variabilidad, ya que el coeficiente de variación del valor aceptado y su desviación estándar es de 0.44, 0.38 y 0.28 para cada una de las tres muestras.

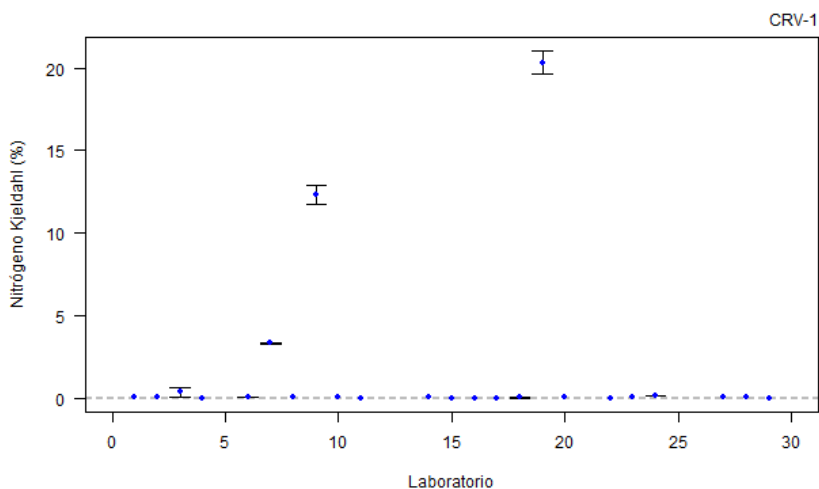


Figura 3.2.1. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de nitrógeno por determinación Kjeldahl en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

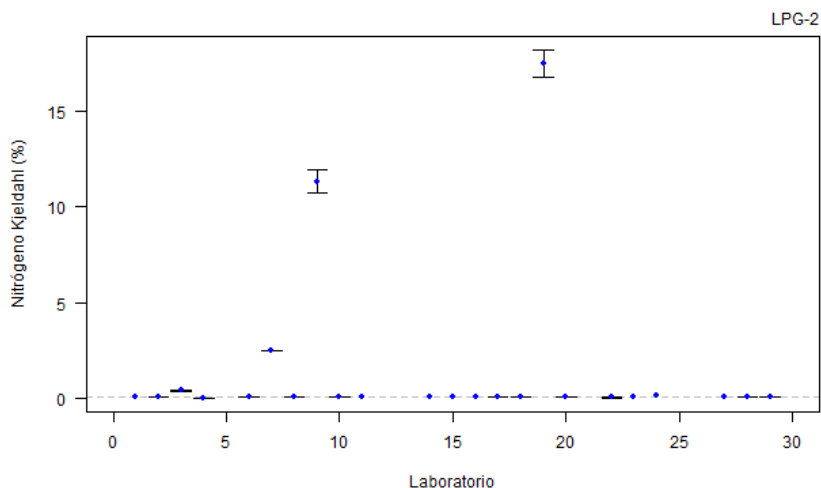


Figura 3.2.2. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de nitrógeno por determinación Kjeldahl en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

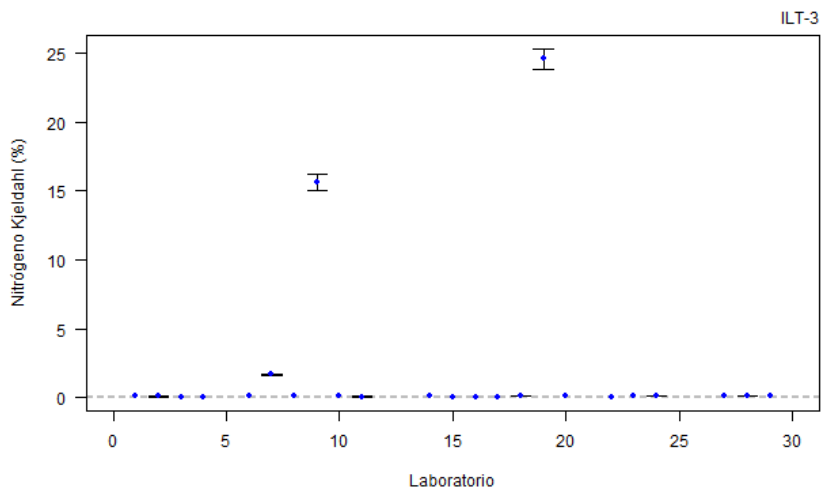


Figura 3.2.3. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de nitrógeno por determinación Kjeldahl en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 3.3. Media y desviación estándar de nitrógeno por determinación Kjeldahl (%) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,00	0,10 ± 0,01
2	0,08 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,08 ± 0,01
3	0,39 ± 0,29**	0,41 ± 0,06**	0,07 ± 0,00
4	0,04 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,00
5			
6	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,09 ± 0,01
7	3,35 ± 0,02**	2,50 ± 0,02**	1,67 ± 0,02**
8	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,09 ± 0,00
9	12,33 ± 0,58**	11,33 ± 0,58**	15,67 ± 0,58**
10	0,09 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,12 ± 0,00
11	0,03 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,07 ± 0,01
12			
13			
14	0,05 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,07 ± 0,00
15	0,04 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,06 ± 0,01
16	0,05 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,06 ± 0,00
17	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,00
18	0,06 ± 0,02	0,06 ± 0,01	0,09 ± 0,01
19	20,33 ± 0,70**	17,50 ± 0,70**	24,60 ± 0,72**
20	0,06 ± 0,00	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01
21			
22	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01
23	0,06 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,08 ± 0,00
24	0,16 ± 0,02**	0,13 ± 0,00	0,15 ± 0,01*
25			
26			
27	0,07 ± 0,00	0,11 ± 0,00	0,12 ± 0,00
28	0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,09 ± 0,01
29	0,04 ± 0,00	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,00
Media	1,63	1,44	1,90
D.E.	4,77	4,17	5,83
C.V.	2,92	2,89	3,08
Aceptado	0,06 ± 0,03	0,08 ± 0,03	0,09 ± 0,02
C.V.	0,44	0,38	0,28

Cuadro 3.4. Z-scores del nitrógeno por determinación Kjeldahl (%), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	-0.27	-0.09	0.43
2	0.44	0.12	-0.26
3	11.59	10.51	-0.74
4	-0.86	-1.79	-1.92
5			
6	-0.15	0.01	0.29
7	116.64	76.79	65.43
8	-0.03	-0.20	0.15
9	435.10	357.90	645.06
10	0.80	0.65	1.40
11	-1.21	-1.05	-0.67
12			
13			
14	-0.35	-0.43	-0.48
15	-0.86	-0.73	-0.95
16	-0.64	-0.45	-0.96
17	-0.62	-0.83	-0.67
18	-0.15	-0.62	0.02
19	718.81	554.08	1014.91
20	-0.15	-0.52	-0.12
21			
22	-1.33	-1.15	-1.23
23	-0.15	-0.41	-0.26
24	3.48	1.41	2.50
25			
26			
27	0.21	0.86	1.40
28	-0.38	0.01	0.02
29	-0.86	-0.30	-0.26

3.3 Fósforo Olsen

La determinación de fósforo Olsen tuvo una alta participación. Sólo 1 de los 29 laboratorios participantes no realizó la determinación de fósforo Olsen. En general, la determinación presentó una variabilidad alta cercana al 30 %, con laboratorios que presentaron, por ejemplo, contenidos de 1.22 ± 0.01 mg/kg para la muestra CRV-1 mientras que otros, para la misma muestra, reportaron contenidos de 39 ± 0.01 mg/kg. Los valores aceptados son, para todas las muestras, mayores a las medias observadas, por lo que los laboratorios fuera de rango subestimaron, mayormente, el contenido de fósforo de las muestras. Respecto a la reproducibilidad de la prueba, el coeficiente de variación para el valor aceptado fue de 14 %, 15 % y 16 % para cada una de las muestras. Este valor se encuentra dentro de un rango aceptable, pero no ideal, de variación entre laboratorios para este analito.

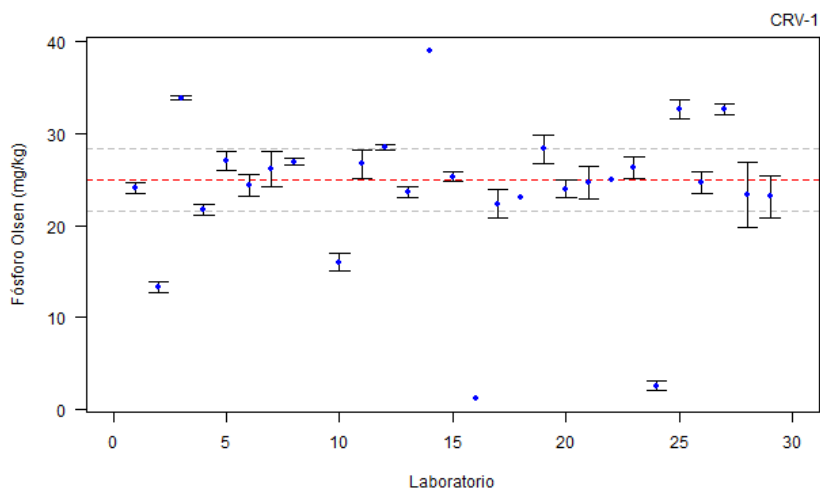


Figura 3.3.1. Valores reportados por cada laboratorio para la concentración de fósforo Olsen en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

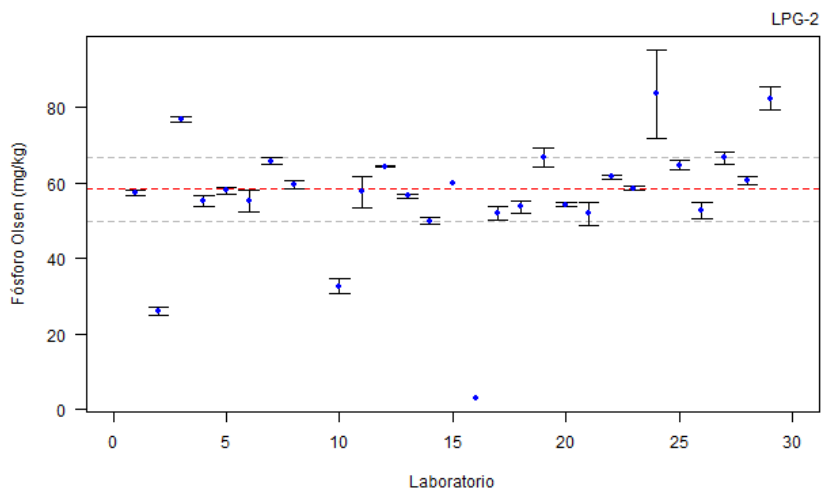


Figura 3.3.2. Valores reportados por cada laboratorio para la concentración de fósforo Olsen en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

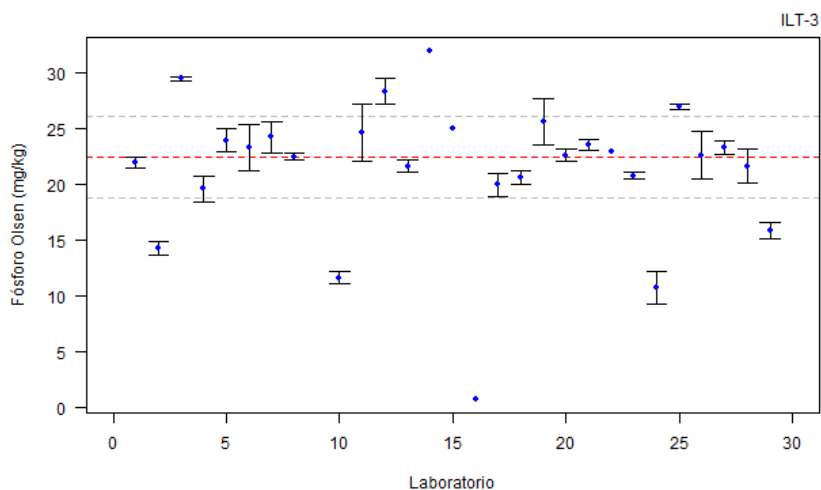


Figura 3.3.3. Valores reportados por cada laboratorio para la concentración de fósforo Olsen en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 3.5. Media y desviación estándar de fósforo Olsen (mg/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	24,10 ± 0,62	57,40 ± 0,75	22,03 ± 0,47
2	13,33 ± 0,58**	26,00 ± 1,00**	14,33 ± 0,58*
3	33,87 ± 0,25*	76,93 ± 0,65*	29,50 ± 0,20
4	21,67 ± 0,58	55,33 ± 1,53	19,67 ± 1,15
5	27,00 ± 1,00	58,00 ± 1,00	24,00 ± 1,00
6	24,33 ± 1,15	55,33 ± 2,89	23,33 ± 2,08
7	26,17 ± 1,95	65,87 ± 0,95	24,27 ± 1,42
8	26,90 ± 0,36	59,63 ± 1,04	22,53 ± 0,31
9			
10	16,00 ± 1,00*	32,67 ± 2,08**	11,67 ± 0,58*
11	26,67 ± 1,53	57,67 ± 4,04	24,67 ± 2,52
12	28,47 ± 0,32	64,43 ± 0,29	28,37 ± 1,16
13	23,67 ± 0,58	56,67 ± 0,58	21,67 ± 0,58
14	39,00 ± 0,00**	50,00 ± 1,00	32,00 ± 0,00*
15	25,33 ± 0,58	60,00 ± 0,00	25,00 ± 0,00
16	1,22 ± 0,01**	3,01 ± 0,02**	0,81 ± 0,01**
17	22,33 ± 1,53	52,00 ± 1,73	20,00 ± 1,00
18	23,00 ± 0,00	53,67 ± 1,53	20,67 ± 0,58
19	28,33 ± 1,53	66,67 ± 2,52	25,67 ± 2,08
20	24,00 ± 1,00	54,33 ± 0,58	22,67 ± 0,58
21	24,67 ± 1,76	51,93 ± 3,00	23,60 ± 0,50
22	25,00 ± 0,00	61,67 ± 0,58	23,00 ± 0,00
23	26,33 ± 1,15	58,67 ± 0,58	20,83 ± 0,29
24	2,52 ± 0,51**	83,64 ± 11,71*	10,77 ± 1,51**
25	32,67 ± 1,00*	64,73 ± 1,26	27,00 ± 0,20
26	24,67 ± 1,15	52,67 ± 2,08	22,67 ± 2,08
27	32,67 ± 0,58*	66,67 ± 1,53	23,33 ± 0,58
28	23,33 ± 3,51	60,67 ± 1,15	21,67 ± 1,53
29	23,13 ± 2,30	82,50 ± 3,20*	15,90 ± 0,70
Media	23,94	56,74	21,49
D.E.	7,94	15,85	6,23
C.V.	0,33	0,28	0,29
Aceptado	24,97 ± 3,41	58,36 ± 8,51	22,48 ± 3,70
C.V.	0,14	0,15	0,16

Cuadro 3.6. Z-scores del fósforo Olsen (mg/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	-0.25	-0.11	-0.12
2	-3.41	-3.80	-2.20
3	2.61	2.18	1.90
4	-0.97	-0.36	-0.76
5	0.60	-0.04	0.41
6	-0.19	-0.36	0.23
7	0.35	0.88	0.48
8	0.57	0.15	0.01
9			
10	-2.63	-3.02	-2.92
11	0.50	-0.08	0.59
12	1.03	0.71	1.59
13	-0.38	-0.20	-0.22
14	4.11	-0.98	2.57
15	0.11	0.19	0.68
16	-6.96	-6.51	-5.85
17	-0.77	-0.75	-0.67
18	-0.58	-0.55	-0.49
19	0.99	0.98	0.86
20	-0.28	-0.47	0.05
21	-0.09	-0.76	0.30
22	0.01	0.39	0.14
23	0.40	0.04	-0.45
24	-6.58	2.97	-3.16
25	2.26	0.75	1.22
26	-0.09	-0.67	0.05
27	2.26	0.98	0.23
28	-0.48	0.27	-0.22
29	-0.54	2.84	-1.78

3.4 Azufre Disponible

La determinación de azufre disponible tuvo una participación cercana al 70 %, con 20 laboratorios participantes. Sólo tres laboratorios reportaron valores a más de dos desviaciones de distancia del valor aceptado. El rango de variación entre laboratorios es bastante amplio, con coeficientes de variación superiores al 100 % en dos de las tres muestras analizadas. Por ejemplo, el valor más alto reportado para la muestra LPG-2 fue de 14.79 ± 0.20 mg/kg, mientras que el valor más bajo reportado para la misma muestra fue de 0.03 ± 0.01 mg/kg. Dado que el valor aceptado es menor que la media observada para cada una de las tres muestras analizadas, los laboratorios fuera de rango tienden a sobreestimar el contenido de azufre disponible. Respecto a la reproducibilidad de la prueba, el coeficiente de variación para el valor aceptado fue de 0.44, 0.67 y 0.68, para cada una de las tres muestras, indicando una alta dispersión y baja reproducibilidad.

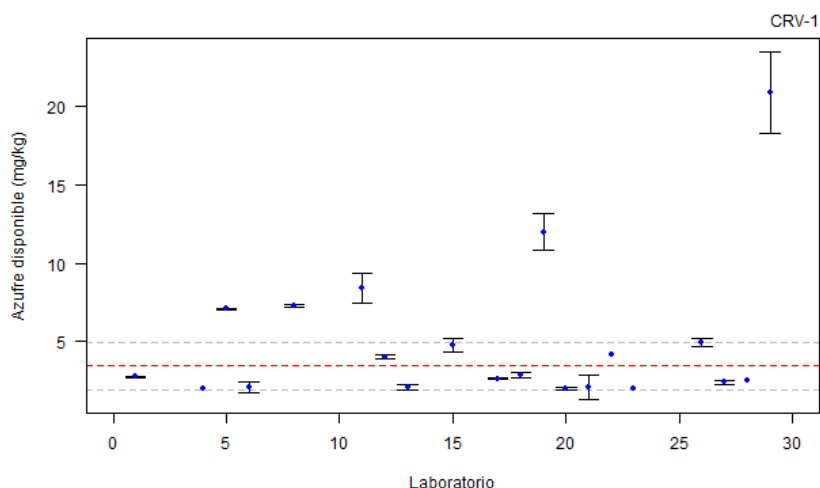


Figura 3.4.1. Valores reportados por cada laboratorio para azufre disponible en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

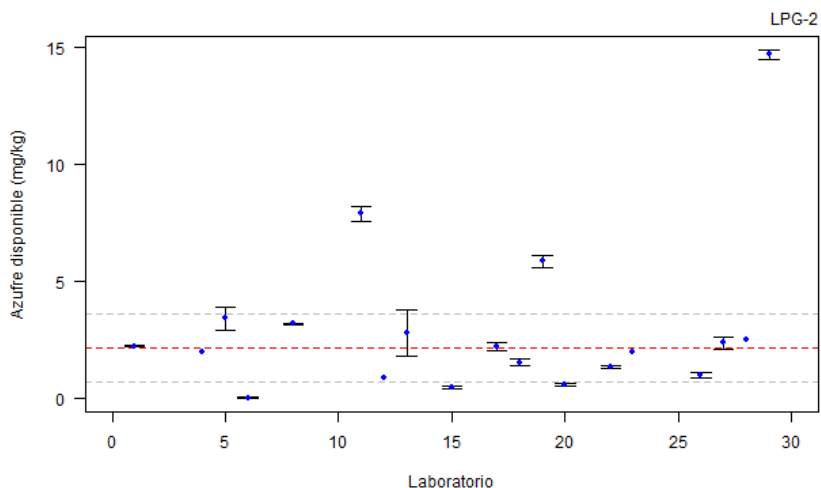


Figura 3.4.2. Valores reportados por cada laboratorio para azufre disponible en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

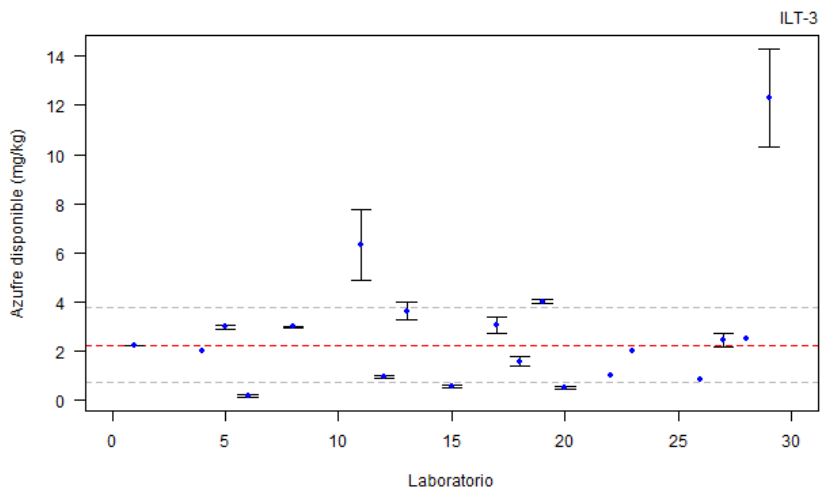


Figura 3.4.3. Valores reportados por cada laboratorio para azufre disponible en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 3.7. Media y desviación estándar de azufre disponible (mg/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	2,74 ± 0,04	2,24 ± 0,02	2,22 ± 0,01
2			
3			
4	< 2,00 ± 0,00	< 2,00 ± 0,00	< 2,00 ± 0,00
5	7,10 ± 0,06*	3,42 ± 0,51	2,96 ± 0,08
6	2,10 ± 0,36	0,03 ± 0,01	0,16 ± 0,05
7			
8	7,27 ± 0,09*	3,18 ± 0,02	2,96 ± 0,04
9			
10			
11	8,41 ± 0,96**	7,90 ± 0,33**	6,31 ± 1,44*
12	4,03 ± 0,12	0,90 ± 0,00	0,93 ± 0,06
13	2,10 ± 0,17	2,80 ± 1,01	3,60 ± 0,36
14			
15	4,77 ± 0,42	0,47 ± 0,06	0,53 ± 0,06
16			
17	2,63 ± 0,06	2,20 ± 0,17	3,03 ± 0,32
18	2,89 ± 0,19	1,54 ± 0,15	1,57 ± 0,18
19	12,00 ± 1,18**	5,87 ± 0,25*	4,00 ± 0,10
20	2,00 ± 0,10	0,57 ± 0,06	0,47 ± 0,06
21	2,12 ± 0,79		
22	4,20 ± 0,00	1,37 ± 0,06	1,00 ± 0,00
23	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00
24			
25			
26	4,97 ± 0,25	1,00 ± 0,10	0,80 ± 0,00
27	2,40 ± 0,10	2,37 ± 0,29	2,43 ± 0,29
28	2,50 ± 0,00	2,50 ± 0,00	2,50 ± 0,00
29	20,90 ± 2,60**	14,70 ± 0,20**	12,30 ± 2,00**
Media	4,85	2,77	2,51
D.E.	4,65	3,45	2,84
C.V.	0,96	1,24	1,13
Aceptado	3,45 ± 1,51	2,17 ± 1,46	2,22 ± 1,52
C.V.	0,44	0,67	0,68

Cuadro 3.8. Z-scores del azufre disponible (mg/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	-0.47	0.05	-0.00
2			
3			
4	-0.96	-0.12	-0.14
5	2.42	0.85	0.49
6	-0.90	-1.47	-1.36
7			
8	2.54	0.69	0.49
9			
10			
11	3.29	3.93	2.70
12	0.39	-0.87	-0.85
13	-0.90	0.43	0.91
14			
15	0.87	-1.17	-1.11
16			
17	-0.54	0.02	0.54
18	-0.37	-0.43	-0.43
19	5.67	2.53	1.17
20	-0.96	-1.10	-1.16
21	-0.88		
22	0.50	-0.55	-0.80
23	-0.96	-0.12	-0.14
24			
25			
26	1.01	-0.80	-0.94
27	-0.70	0.13	0.14
28	-0.63	0.23	0.19
29	11.58	8.59	6.64

Capítulo 4

Cationes extraíbles

4.1 Calcio Extraíble

De los 29 laboratorios participantes, 25 reportaron resultados para este parámetro. La mayoría de los valores reportados se agrupa en torno al valor aceptado, lo que indica una correcta aplicación de la metodología general para la cuantificación de calcio extraíble. En general, la media para las tres muestras presentó una variabilidad alta cercana al 20 %. En relación con el valor aceptado la variabilidad disminuye en el caso de las muestras CRV-1, y LPG-2, sin embargo, se mantiene elevada para la muestra ILT-3, que presenta una concentración mayor de calcio extraíble (cmol(+)/kg). Se identificaron extremos que reflejan subestimaciones o sobreestimaciones significativas por parte de algunos laboratorios.

Más del 90 % de los laboratorios obtuvieron resultados satisfactorios. Sin embargo, se observaron casos de laboratorios con resultados problemáticos para las tres muestras, lo que sugiere la presencia de un sesgo sistemático que debe ser analizado. En línea con el espíritu colaborativo de esta red y su objetivo estratégico de consolidar una estructura sólida de laboratorios, esta situación representa una oportunidad de mejora donde la red puede colaborar.

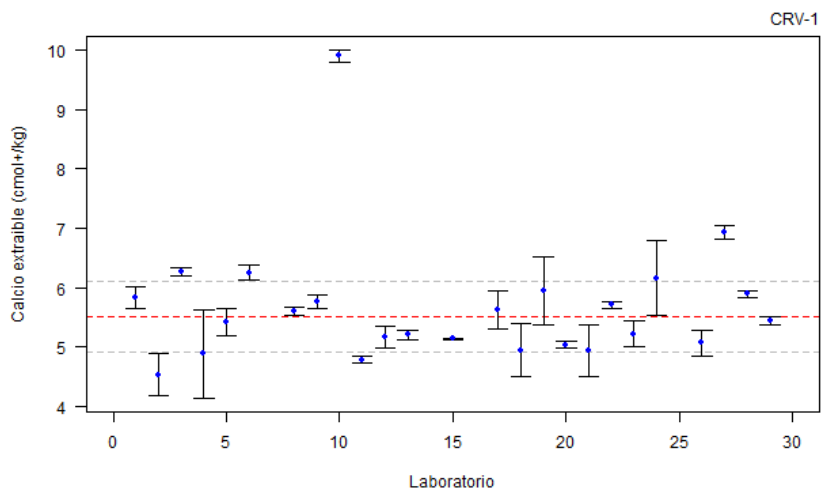


Figura 4.1.1. Valores reportados por cada laboratorio para calcio extraíble en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

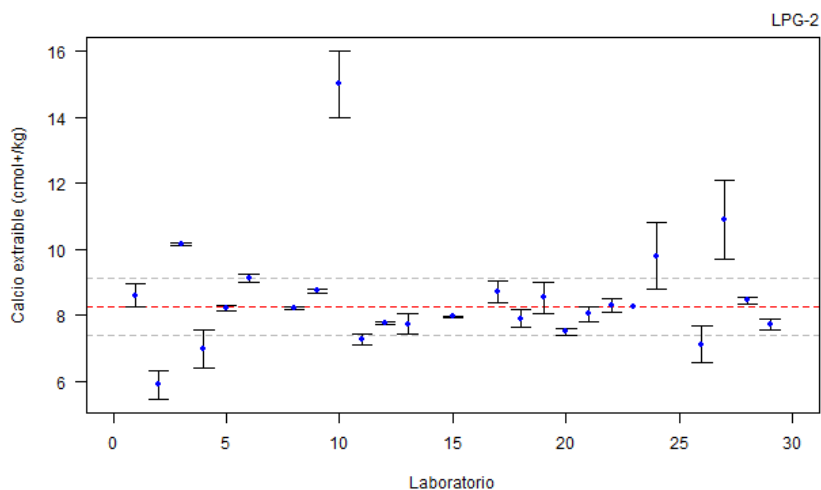


Figura 4.1.2. Valores reportados por cada laboratorio para calcio extraíble en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

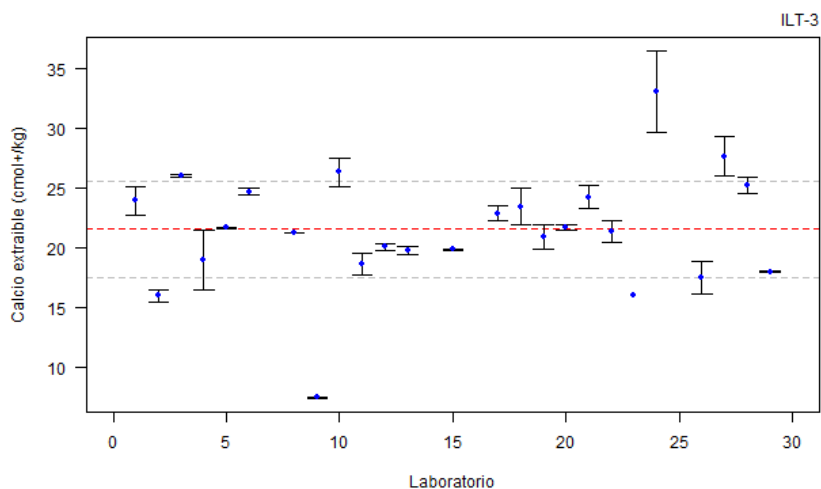


Figura 4.1.3. Valores reportados por cada laboratorio para calcio extraíble en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 4.1. Media y desviación estándar de calcio extraíble (cmol(+)/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	5,83 ± 0,19	8,60 ± 0,36	23,97 ± 1,18
2	4,53 ± 0,35	5,90 ± 0,44*	16,00 ± 0,50
3	6,27 ± 0,07	10,16 ± 0,05*	26,02 ± 0,10
4	4,88 ± 0,74	6,97 ± 0,57	18,93 ± 2,50
5	5,41 ± 0,23	8,22 ± 0,10	21,66 ± 0,09
6	6,25 ± 0,12	9,12 ± 0,12	24,70 ± 0,26
7			
8	5,60 ± 0,07	8,22 ± 0,05	21,26 ± 0,03
9	5,77 ± 0,12	8,73 ± 0,06	7,43 ± 0,06**
10	9,90 ± 0,10**	15,00 ± 1,00**	26,33 ± 1,15
11	4,79 ± 0,06	7,27 ± 0,18	18,61 ± 0,93
12	5,16 ± 0,18	7,74 ± 0,04	20,08 ± 0,28
13	5,20 ± 0,09	7,73 ± 0,31	19,80 ± 0,33
14			
15	5,13 ± 0,01	7,95 ± 0,03	19,83 ± 0,06
16			
17	5,62 ± 0,31	8,70 ± 0,32	22,90 ± 0,62
18	4,94 ± 0,44	7,91 ± 0,27	23,45 ± 1,52
19	5,94 ± 0,58	8,54 ± 0,47	20,94 ± 1,04
20	5,03 ± 0,06	7,50 ± 0,10	21,73 ± 0,25
21	4,94 ± 0,43	8,04 ± 0,22	24,26 ± 0,97
22	5,71 ± 0,06	8,30 ± 0,20	21,35 ± 0,91
23	5,22 ± 0,21	8,25 ± 0,00	16,00 ± 0,01
24	6,16 ± 0,64	9,79 ± 1,01	33,11 ± 3,42*
25			
26	5,07 ± 0,22	7,12 ± 0,57	17,47 ± 1,37
27	6,93 ± 0,12*	10,89 ± 1,21**	27,67 ± 1,68
28	5,89 ± 0,06	8,45 ± 0,11	25,27 ± 0,70
29	5,44 ± 0,07	7,72 ± 0,17	18,00 ± 0,10
Media	5,67	8,51	21,47
D.E.	1,06	1,72	4,90
C.V.	0,19	0,20	0,23
Aceptado	5,51 ± 0,59	8,24 ± 0,86	21,55 ± 4,07
C.V.	0,11	0,10	0,19

Cuadro 4.2. Z-scores del calcio extraíble (cmol(+)/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0.55	0.42	0.60
2	-1.64	-2.72	-1.36
3	1.28	2.23	1.10
4	-1.05	-1.48	-0.64
5	-0.16	-0.03	0.03
6	1.25	1.02	0.78
7			
8	0.15	-0.02	-0.07
9	0.44	0.57	-3.47
10	7.39	7.85	1.18
11	-1.21	-1.13	-0.72
12	-0.58	-0.58	-0.36
13	-0.51	-0.60	-0.43
14			
15	-0.63	-0.33	-0.42
16			
17	0.20	0.54	0.33
18	-0.95	-0.39	0.47
19	0.73	0.34	-0.15
20	-0.80	-0.86	0.05
21	-0.96	-0.24	0.67
22	0.34	0.06	-0.05
23	-0.48	0.01	-1.36
24	1.10	1.80	2.84
25			
26	-0.74	-1.30	-1.00
27	2.40	3.08	1.51
28	0.65	0.24	0.91
29	-0.11	-0.61	-0.87



4.2 Magnesio Extraíble

De un total de 29 laboratorios participantes, 25 laboratorios informaron resultados. Sobre el 90 % de ellos reportaron valores dentro del rango satisfactorio (CRV-1: 96 %; LPG-2: 92 %; ILT-3: 96 %).

No obstante, continúan los sesgos sistemáticos y variabilidad en ciertos laboratorios, encontrándose dentro de la zona de advertencia. Esto subraya la necesidad de fortalecer la estandarización de protocolos y el control de calidad. La muestra LPG-2 e ILT-3 mostraron una coincidencia exacta entre la media global y el valor aceptado, lo que resalta la homogeneidad del análisis. En general la variabilidad en los tres casos se mantiene cercano al 10 %.

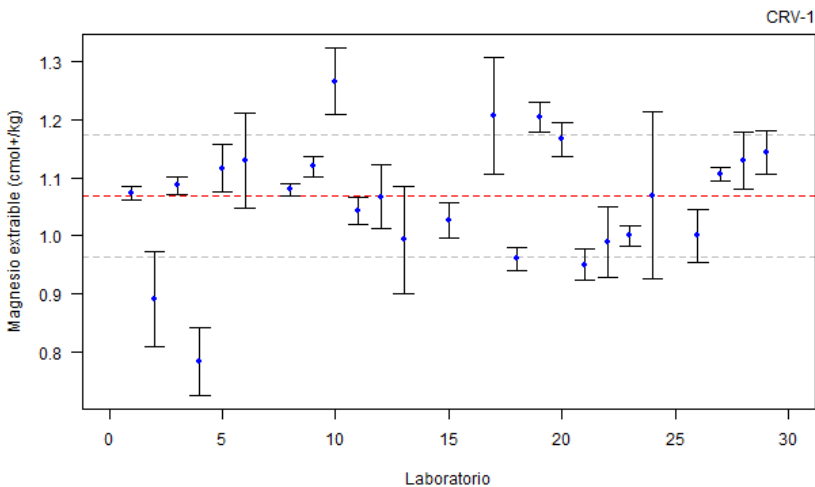


Figura 4.2.1. Valores reportados por cada laboratorio para magnesio extraíble en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

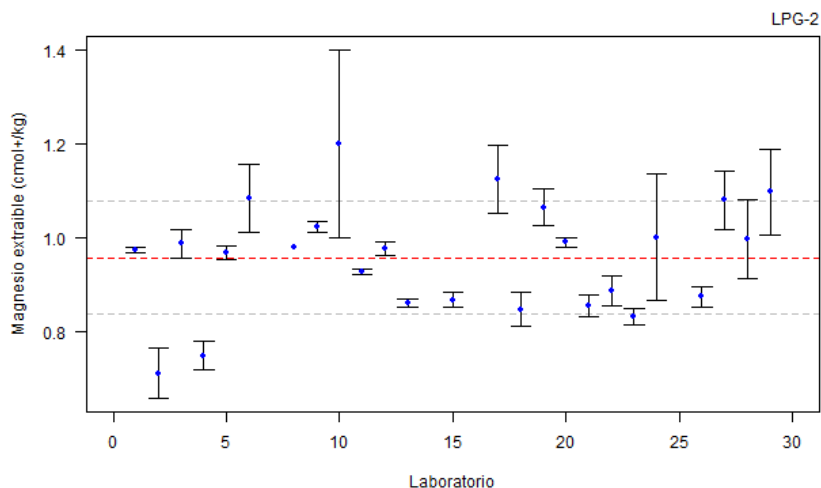


Figura 4.2.2. Valores reportados por cada laboratorio para magnesio extraíble en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

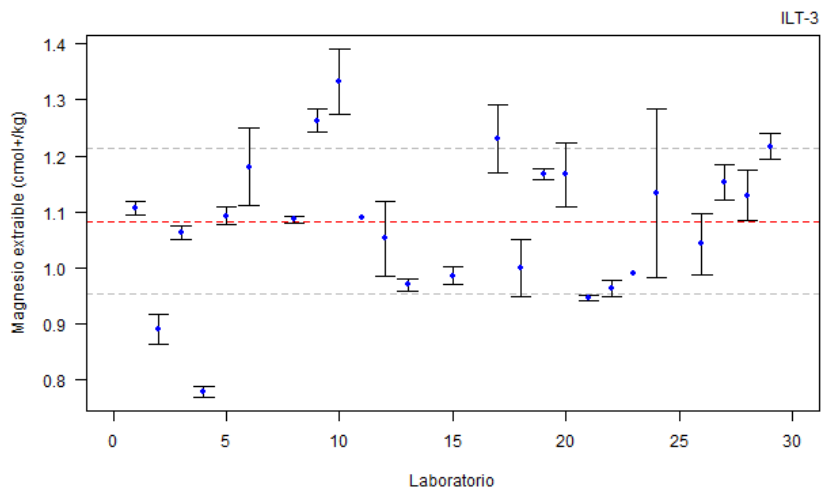


Figura 4.2.3. Valores reportados por cada laboratorio para magnesio extraíble en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 4.3. Media y desviación estándar de magnesio extraíble (cmol(+)/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	1,07 ± 0,01	0,97 ± 0,01	1,11 ± 0,01
2	0,89 ± 0,08	0,71 ± 0,05*	0,89 ± 0,03
3	1,09 ± 0,02	0,99 ± 0,03	1,06 ± 0,01
4	0,78 ± 0,06*	0,75 ± 0,03	0,78 ± 0,01*
5	1,12 ± 0,04	0,97 ± 0,02	1,09 ± 0,02
6	1,13 ± 0,08	1,08 ± 0,07	1,18 ± 0,07
7			
8	1,08 ± 0,01	0,98 ± 0,00	1,09 ± 0,01
9	1,12 ± 0,02	1,02 ± 0,01	1,26 ± 0,02
10	1,27 ± 0,06	1,20 ± 0,20*	1,33 ± 0,06
11	1,04 ± 0,02	0,93 ± 0,01	1,09 ± 0,00
12	1,07 ± 0,06	0,98 ± 0,02	1,05 ± 0,07
13	0,99 ± 0,09	0,86 ± 0,01	0,97 ± 0,01
14			
15	1,03 ± 0,03	0,87 ± 0,02	0,99 ± 0,02
16			
17	1,21 ± 0,10	1,12 ± 0,07	1,23 ± 0,06
18	0,96 ± 0,02	0,85 ± 0,04	1,00 ± 0,05
19	1,21 ± 0,03	1,06 ± 0,04	1,17 ± 0,01
20	1,17 ± 0,03	0,99 ± 0,01	1,17 ± 0,06
21	0,95 ± 0,03	0,85 ± 0,02	0,95 ± 0,01
22	0,99 ± 0,06	0,89 ± 0,03	0,96 ± 0,02
23	1,00 ± 0,02	0,83 ± 0,02	0,99 ± 0,00
24	1,07 ± 0,14	1,00 ± 0,13	1,13 ± 0,15
25			
26	1,00 ± 0,05	0,87 ± 0,02	1,04 ± 0,06
27	1,11 ± 0,01	1,08 ± 0,06	1,15 ± 0,03
28	1,13 ± 0,05	1,00 ± 0,09	1,13 ± 0,05
29	1,14 ± 0,04	1,10 ± 0,09	1,22 ± 0,02
Media	1,06	0,96	1,08
D.E.	0,11	0,13	0,13
C.V.	0,11	0,13	0,12
Aceptado	1,07 ± 0,11	0,96 ± 0,12	1,08 ± 0,13
C.V.	0,10	0,12	0,12

Cuadro 4.4. Z-scores del magnesio extraíble (cmol(+)/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0.04	0.14	0.18
2	-1.70	-2.07	-1.50
3	0.17	0.25	-0.16
4	-2.72	-1.76	-2.35
5	0.45	0.08	0.07
6	0.58	1.06	0.74
7			
8	0.10	0.19	0.02
9	0.48	0.56	1.39
10	1.88	2.04	1.93
11	-0.25	-0.25	0.05
12	-0.02	0.17	-0.24
13	-0.72	-0.81	-0.88
14			
15	-0.40	-0.76	-0.75
16			
17	1.31	1.40	1.13
18	-1.04	-0.92	-0.65
19	1.30	0.89	0.65
20	0.93	0.28	0.64
21	-1.13	-0.87	-1.06
22	-0.75	-0.59	-0.93
23	-0.66	-1.06	-0.72
24	0.01	0.36	0.38
25			
26	-0.66	-0.70	-0.31
27	0.36	1.03	0.54
28	0.58	0.33	0.36
29	0.71	1.17	1.03

4.3 Potasio Extraíble

Para este parámetro, 26 laboratorios reportaron resultados. En general, se observó un buen desempeño, más del 85 % de laboratorios alcanzaron resultados satisfactorios ($|Z| \leq 2$) en las tres muestras (CRV-1, LPG-2, ILT-3).

Dado que el potasio es un parámetro crítico y muy solicitado en los análisis de suelos, se requiere de un nivel alto de desempeño. Se detectaron algunos casos con problemas reiterados, probablemente asociados a errores sistemáticos vinculados a la contaminación de muestras, uso de estándares inadecuados o errores en las diluciones, por ejemplo. La variabilidad es alta en términos generales, cercana al 50 %, no obstante, disminuye en función del valor aceptado (15 %).

Asimismo, se identificaron casos de subestimación, posiblemente derivados de fallas en la extracción o en la calibración de los equipos, entre otras problemáticas.

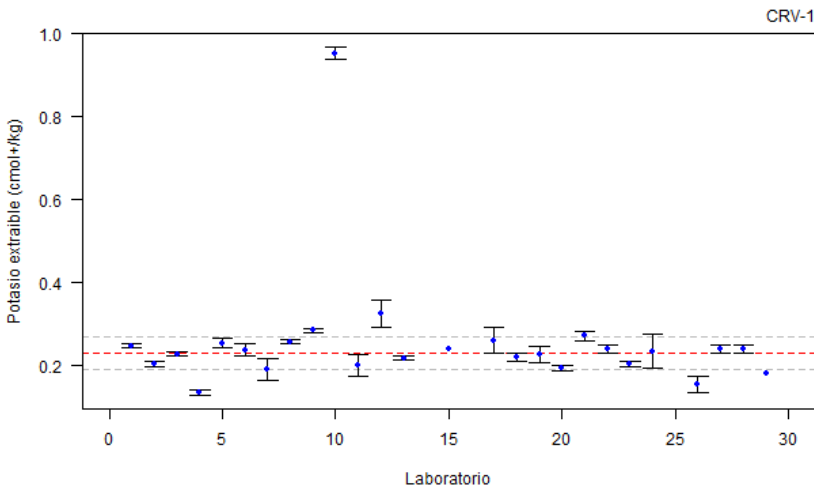


Figura 4.3.1. Valores reportados por cada laboratorio para potasio extraíble en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

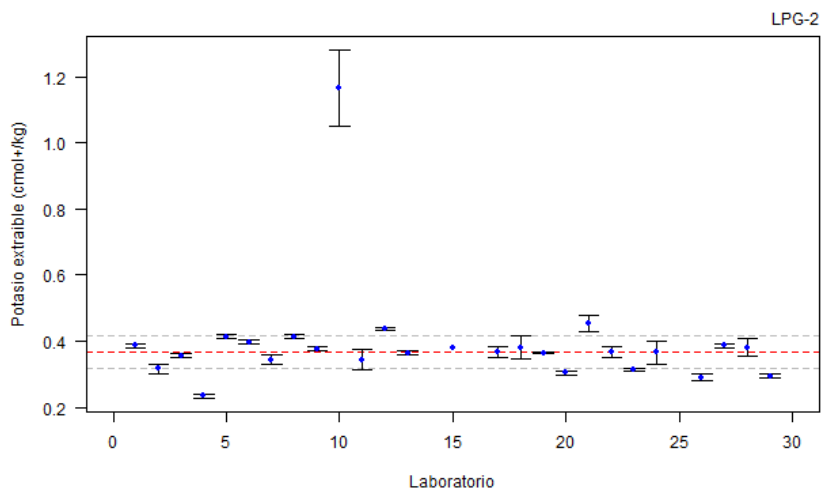


Figura 4.3.2. Valores reportados por cada laboratorio para potasio extraíble en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

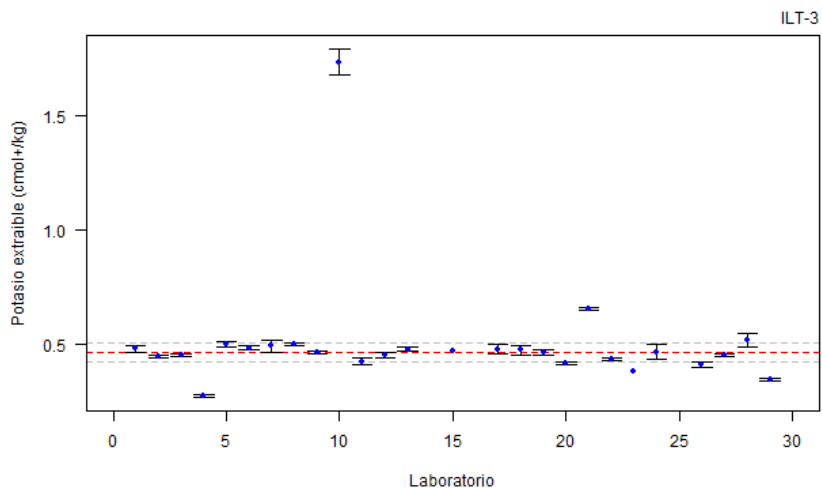


Figura 4.3.3. Valores reportados por cada laboratorio para potasio extraíble en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 4.5. Media y desviación estándar de potasio extraíble (cmol(+)/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0,25 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,48 ± 0,02
2	0,20 ± 0,01	0,32 ± 0,02	0,45 ± 0,01
3	0,23 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,46 ± 0,01
4	0,13 ± 0,01*	0,23 ± 0,01*	0,28 ± 0,01**
5	0,25 ± 0,01	0,41 ± 0,01	0,50 ± 0,01
6	0,24 ± 0,02	0,40 ± 0,01	0,49 ± 0,01
7	0,19 ± 0,03	0,34 ± 0,02	0,49 ± 0,03
8	0,26 ± 0,01	0,41 ± 0,01	0,50 ± 0,01
9	0,28 ± 0,01	0,38 ± 0,01	0,46 ± 0,01
10	0,95 ± 0,02**	1,17 ± 0,12**	1,73 ± 0,06**
11	0,20 ± 0,03	0,34 ± 0,03	0,43 ± 0,02
12	0,32 ± 0,03*	0,44 ± 0,01	0,46 ± 0,01
13	0,22 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,48 ± 0,01
14			
15	0,24 ± 0,00	0,38 ± 0,00	0,47 ± 0,00
16			
17	0,26 ± 0,03	0,37 ± 0,02	0,48 ± 0,02
18	0,22 ± 0,01	0,38 ± 0,03	0,48 ± 0,02
19	0,23 ± 0,02	0,36 ± 0,00	0,47 ± 0,01
20	0,19 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,42 ± 0,01
21	0,27 ± 0,01	0,45 ± 0,02	0,66 ± 0,01**
22	0,24 ± 0,01	0,37 ± 0,02	0,44 ± 0,01
23	0,20 ± 0,01	0,31 ± 0,01	0,38 ± 0,00*
24	0,23 ± 0,04	0,37 ± 0,04	0,47 ± 0,03
25			
26	0,15 ± 0,02	0,29 ± 0,01	0,41 ± 0,01
27	0,24 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,45 ± 0,01
28	0,24 ± 0,01	0,38 ± 0,03	0,52 ± 0,03
29	0,18 ± 0,00	0,29 ± 0,01	0,35 ± 0,01*
Media	0,25	0,39	0,51
D.E.	0,15	0,16	0,26
C.V.	0,58	0,42	0,50
Aceptado	0,23 ± 0,04	0,37 ± 0,05	0,46 ± 0,04
C.V.	0,17	0,13	0,09

Cuadro 4.6. Z-scores del potasio extraíble (cmol(+)/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0.43	0.41	0.46
2	-0.68	-1.04	-0.42
3	-0.08	-0.21	-0.18
4	-2.46	-2.76	-4.47
5	0.59	0.96	0.93
6	0.17	0.62	0.54
7	-1.02	-0.49	0.69
8	0.68	0.96	0.93
9	1.36	0.20	-0.02
10	18.41	16.50	30.23
11	-0.76	-0.49	-0.89
12	2.38	1.44	-0.18
13	-0.34	-0.07	0.38
14			
15	0.26	0.27	0.14
16			
17	0.76	-0.00	0.38
18	-0.25	0.27	0.30
19	-0.12	-0.07	0.08
20	-0.93	-1.31	-1.13
21	1.02	1.78	4.58
22	0.26	-0.00	-0.66
23	-0.68	-1.10	-2.00
24	0.09	-0.00	0.06
25			
26	-1.95	-1.59	-1.21
27	0.26	0.41	-0.26
28	0.26	0.27	1.33
29	-1.27	-1.52	-2.80

4.4 Sodio Extraíble

Un total de 25 laboratorios reportaron resultados para este parámetro. Se observaron algunas determinaciones atípicas, lo que refuerza la importancia de establecer y utilizar un valor aceptado robusto como referencia. Las muestras CRV-1, LPG-2 y especialmente ILT-3, presentaron una alta variabilidad en términos generales, que disminuye en función del valor aceptado, situándose cercano al 15 %.

Del total de laboratorios, sobre el 80 % de ellos obtuvieron resultados satisfactorios ($|Z| \leq 2$) para las tres muestras. La muestra CVR-1 presenta mayor cantidad de resultados a los que se debe poner atención y donde se identificaron sesgos críticos repetitivos en algunos casos. Lo anterior sugiere la necesidad de fortalecer la supervisión metodológica y los protocolos de control de calidad.

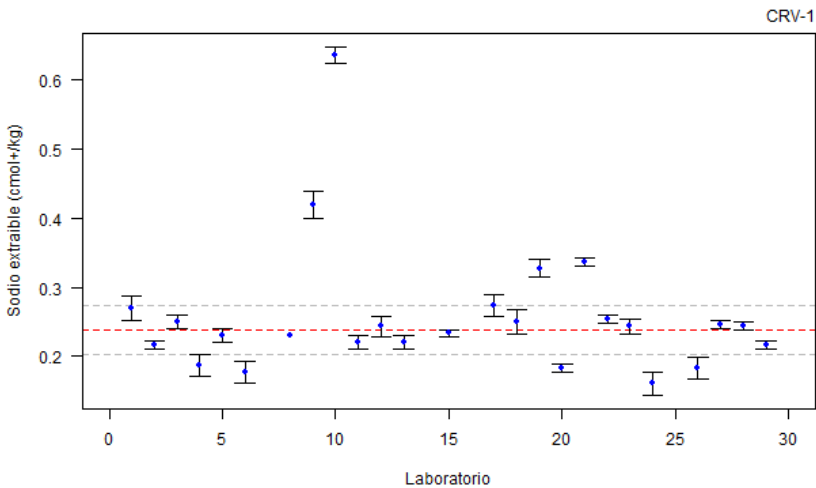


Figura 4.4.1. Valores reportados por cada laboratorio para sodio extraíble en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

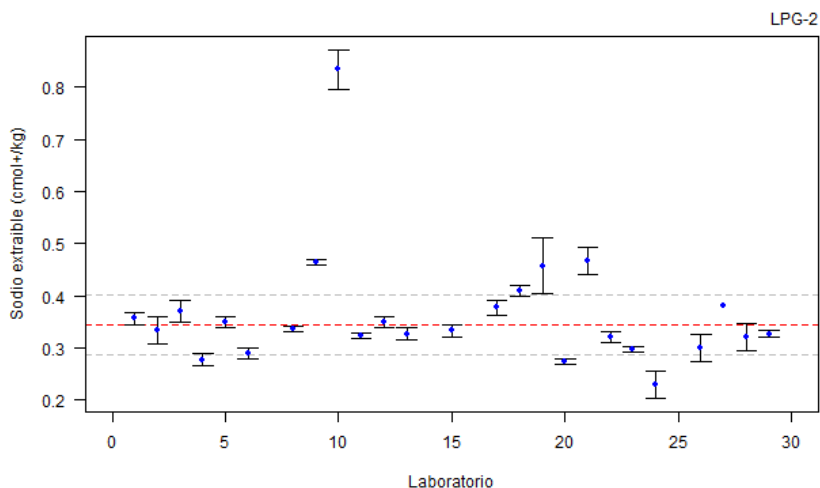


Figura 4.4.2. Valores reportados por cada laboratorio para sodio extraíble en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

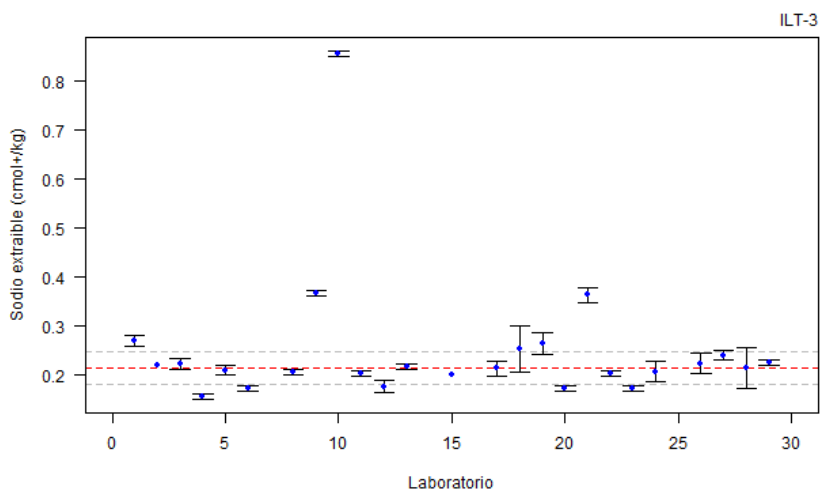


Figura 4.4.3. Valores reportados por cada laboratorio para sodio extraíble en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 4.7. Media y desviación estándar de sodio extraíble (cmol(+)/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0,27 ± 0,02	0,36 ± 0,01	0,27 ± 0,01
2	0,22 ± 0,01	0,33 ± 0,03	0,22 ± 0,00
3	0,25 ± 0,01	0,37 ± 0,02	0,22 ± 0,01
4	0,19 ± 0,02	0,28 ± 0,01	0,16 ± 0,01
5	0,23 ± 0,01	0,35 ± 0,01	0,21 ± 0,01
6	0,18 ± 0,02	0,29 ± 0,01	0,17 ± 0,01
7			
8	0,23 ± 0,00	0,34 ± 0,01	0,21 ± 0,01
9	0,42 ± 0,02**	0,46 ± 0,01*	0,37 ± 0,01**
10	0,64 ± 0,01**	0,83 ± 0,04**	0,86 ± 0,01**
11	0,22 ± 0,01	0,32 ± 0,01	0,20 ± 0,01
12	0,24 ± 0,02	0,35 ± 0,01	0,18 ± 0,01
13	0,22 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,22 ± 0,01
14			
15	0,23 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,20 ± 0,00
16			
17	0,27 ± 0,02	0,38 ± 0,02	0,21 ± 0,02
18	0,25 ± 0,02	0,41 ± 0,01	0,25 ± 0,05
19	0,33 ± 0,01*	0,46 ± 0,05	0,26 ± 0,02
20	0,18 ± 0,01	0,27 ± 0,01	0,17 ± 0,01
21	0,34 ± 0,01*	0,47 ± 0,03*	0,36 ± 0,02**
22	0,25 ± 0,01	0,32 ± 0,01	0,20 ± 0,01
23	0,24 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,17 ± 0,01
24	0,16 ± 0,02*	0,23 ± 0,03	0,21 ± 0,02
25			
26	0,18 ± 0,02	0,30 ± 0,03	0,22 ± 0,02
27	0,25 ± 0,01	0,38 ± 0,00	0,24 ± 0,01
28	0,24 ± 0,01	0,32 ± 0,03	0,21 ± 0,04
29	0,22 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,23 ± 0,01
Media	0,26	0,36	0,25
D.E.	0,10	0,11	0,14
C.V.	0,37	0,31	0,54
Aceptado	0,24 ± 0,03	0,34 ± 0,06	0,21 ± 0,03
C.V.	0,15	0,17	0,16

Cuadro 4.8. Z-scores del sodio extraíble (cmol(+)/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0.92	0.21	1.62
2	-0.62	-0.20	0.15
3	0.34	0.44	0.25
4	-1.49	-1.17	-1.71
5	-0.24	0.09	-0.14
6	-1.78	-0.94	-1.22
7			
8	-0.24	-0.14	-0.24
9	5.25	2.05	4.47
10	11.50	8.43	18.88
11	-0.53	-0.37	-0.34
12	0.15	0.09	-1.12
13	-0.53	-0.31	0.05
14			
15	-0.14	-0.20	-0.44
16			
17	1.01	0.55	-0.05
18	0.34	1.13	1.13
19	2.57	1.94	1.46
20	-1.58	-1.23	-1.22
21	2.84	2.10	4.37
22	0.44	-0.43	-0.34
23	0.15	-0.83	-1.22
24	-2.24	-1.98	-0.24
25			
26	-1.58	-0.77	0.25
27	0.24	0.61	0.74
28	0.15	-0.43	-0.05
29	-0.62	-0.31	0.35

4.5 Aluminio Extraíble

Este parámetro fue informado por 15 laboratorios (51.7 %). Los resultados se ven afectados por una desviación estándar extremadamente alta respecto del valor aceptado, lo cual compromete gravemente la confiabilidad de los datos y sugiere la necesidad de revisar la metodología empleada, considerando que la varibilidad de los resultados, en los tres casos, es de aproximadamente el 80 %.

La baja participación también limita la representatividad de los resultados. A ello se suman inconsistencias metodológicas y posibles errores en las unidades de reporte (por ejemplo, resultados informados en mmol en lugar de cmol).

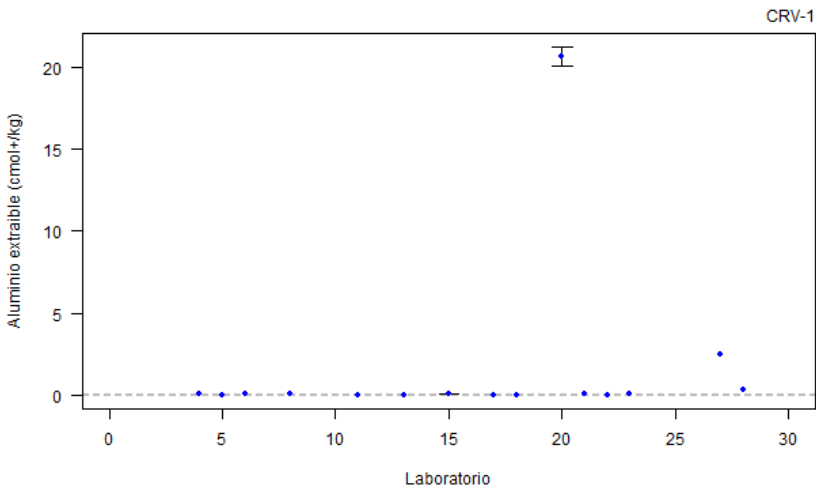


Figura 4.5.1. Valores reportados por cada laboratorio para aluminio extraíble en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

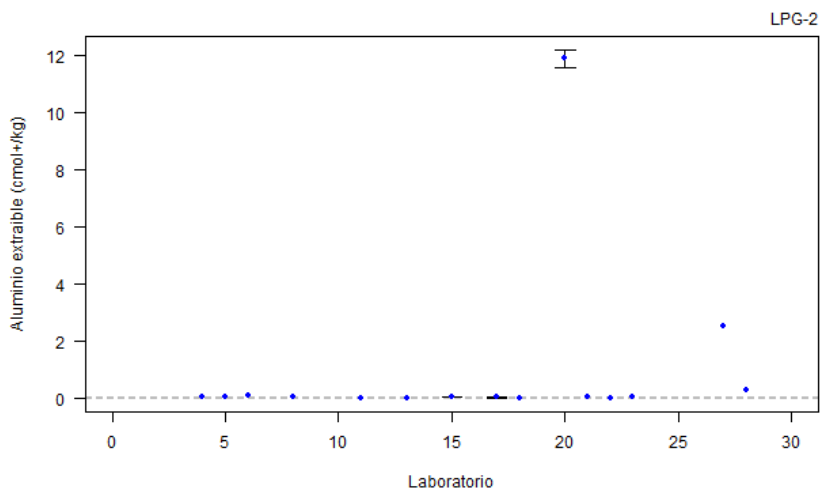


Figura 4.5.2. Valores reportados por cada laboratorio para aluminio extraíble en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

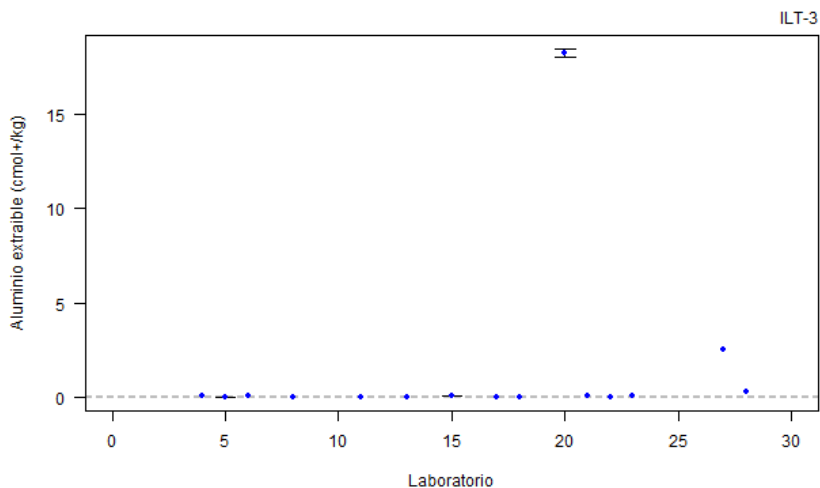


Figura 4.5.3. Valores reportados por cada laboratorio para aluminio extraíble en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 4.9. Media y desviación estándar de aluminio extraíble (cmol(+)/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1			
2			
3			
4	$< 0,03 \pm 0,00$	$< 0,03 \pm 0,00$	$< 0,03 \pm 0,00$
5	$0,03 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,00$	$0,02 \pm 0,01$
6	$0,07 \pm 0,00$	$0,07 \pm 0,00$	$0,06 \pm 0,00$
7			
8	$0,03 \pm 0,00$	$0,02 \pm 0,00$	$0,02 \pm 0,00$
9			
10			
11	$< 0,01 \pm 0,00$	$< 0,01 \pm 0,00$	$< 0,01 \pm 0,00$
12			
13	$0,01 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,00$
14			
15	$0,06 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01$
16			
17	$0,01 \pm 0,00$	$0,02 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,00$
18	$0,01 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,00$
19			
20	$20,67 \pm 0,58^{**}$	$11,87 \pm 0,31^{**}$	$18,27 \pm 0,21^{**}$
21	$0,03 \pm 0,00$	$0,03 \pm 0,00$	$0,03 \pm 0,00$
22	$0,01 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,00$
23	$0,06 \pm 0,00$	$0,06 \pm 0,00$	$0,06 \pm 0,00$
24			
25			
26			
27	$2,50 \pm 0,00^{**}$	$2,50 \pm 0,00^{**}$	$2,50 \pm 0,00^{**}$
28	$0,28 \pm 0,00^{**}$	$0,28 \pm 0,00^{**}$	$0,28 \pm 0,00^{**}$
29			
Media	1,57	0,98	1,40
D.E.	5,20	3,01	4,60
C.V.	3,32	3,08	3,28
Aceptado	$0,04 \pm 0,03$	$0,03 \pm 0,03$	$0,03 \pm 0,03$
C.V.	0,82	0,80	0,79

Cuadro 4.10. Z-scores del aluminio extraíble (cmol(+)/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1			
2			
3			
4	-0.25	-0.17	-0.16
5	-0.36	-0.53	-0.65
6	1.04	1.28	0.95
7			
8	-0.25	-0.53	-0.53
9			
10			
11	-1.22	-1.25	-1.26
12			
13	-0.90	-0.89	-0.90
14			
15	0.61	0.80	0.82
16			
17	-0.90	-0.65	-0.53
18	-0.90	-0.89	-0.90
19			
20	668.69	429.34	672.13
21	-0.25	-0.28	-0.27
22	-0.90	-0.89	-0.90
23	0.72	0.92	0.95
24			
25			
26			
27	79.81	89.46	90.90
28	7.85	8.90	9.06
29			

Capítulo 5

Micronutrientes

5.1 Boro disponible

La determinación de boro disponible tuvo una alta participación, con 26 laboratorios de un total de 29 que reportaron resultados. Los valores más altos reportados fueron superiores a 1 mg/kg, mientras que un laboratorio presentó valores bajo el límite de detección (0,01 mg/kg). Con esto, los coeficientes de variación para las tres muestras estuvieron por sobre el 20 %, siendo, en dos de ellas, superiores al 30 %. Esta variación indica una baja reproducibilidad interlaboratorios para el método utilizado, con al menos cuatro laboratorios por muestra reportando valores a más de dos desviaciones estándar del valor aceptado. Por otra parte, es importante destacar la consistencia intra-laboratorio de la prueba, ya que se observaron desviaciones estándar relativamente bajas ($<0,1$ mg/kg) dentro de un mismo laboratorio, al contrastarlas con la desviación estándar observada para la prueba.



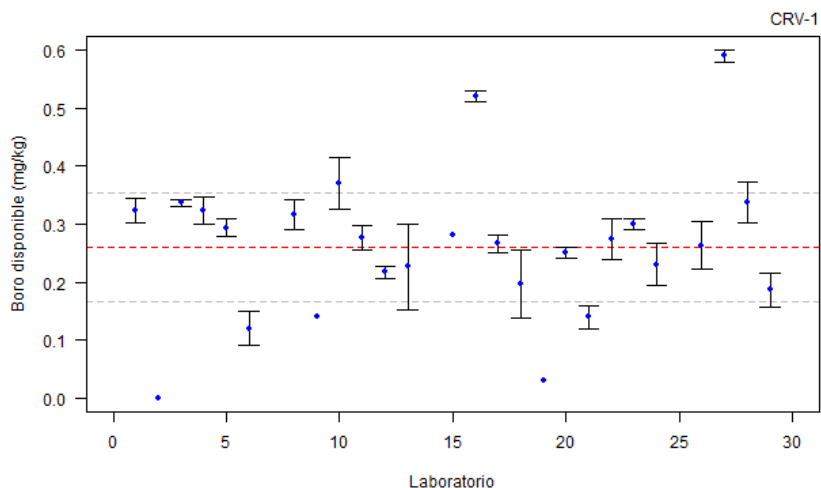


Figura 5.1.1. Valores reportados por cada laboratorio para boro disponible en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

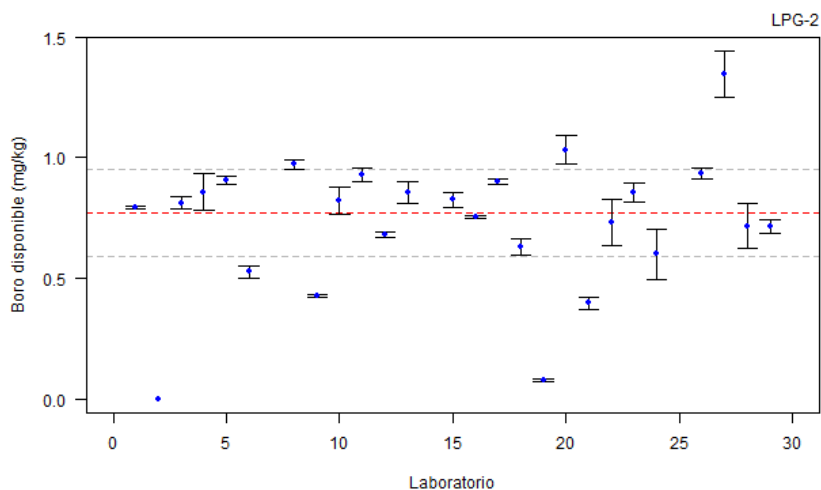


Figura 5.1.2. Valores reportados por cada laboratorio para boro disponible en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

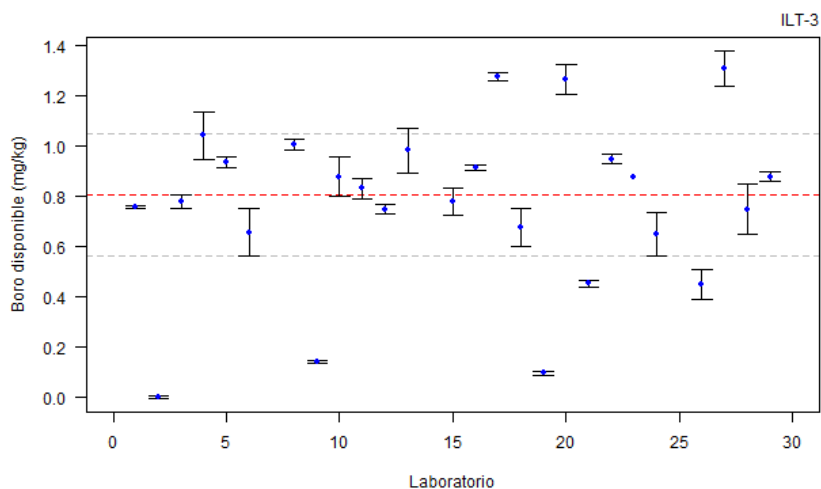


Figura 5.1.3. Valores reportados por cada laboratorio para boro disponible en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 5.1. Media y desviación estándar de boro disponible (mg/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0,32 ± 0,02	0,79 ± 0,01	0,76 ± 0,01
2	< 0,01 ± 0,00*	< 0,01 ± 0,00**	< 0,01 ± 0,01**
3	0,34 ± 0,01	0,81 ± 0,02	0,78 ± 0,03
4	0,32 ± 0,02	0,86 ± 0,08	1,04 ± 0,10
5	0,29 ± 0,02	0,91 ± 0,02	0,94 ± 0,02
6	0,12 ± 0,03	0,53 ± 0,03	0,66 ± 0,10
7			
8	0,32 ± 0,03	0,97 ± 0,02	1,01 ± 0,02
9	0,14 ± 0,00	0,43 ± 0,01	0,14 ± 0,01*
10	0,37 ± 0,04	0,82 ± 0,06	0,88 ± 0,08
11	0,28 ± 0,02	0,93 ± 0,03	0,83 ± 0,04
12	0,22 ± 0,01	0,68 ± 0,01	0,75 ± 0,02
13	0,23 ± 0,07	0,86 ± 0,05	0,98 ± 0,09
14			
15	0,28 ± 0,00	0,83 ± 0,03	0,78 ± 0,05
16	0,52 ± 0,01*	0,76 ± 0,01	0,91 ± 0,01
17	0,27 ± 0,02	0,90 ± 0,01	1,28 ± 0,02
18	0,20 ± 0,06	0,63 ± 0,03	0,68 ± 0,08
19	0,03 ± 0,00*	0,08 ± 0,01**	0,10 ± 0,01*
20	0,25 ± 0,01	1,03 ± 0,06	1,27 ± 0,06
21	0,14 ± 0,02	0,40 ± 0,03*	0,45 ± 0,02
22	0,27 ± 0,04	0,73 ± 0,10	0,95 ± 0,02
23	0,30 ± 0,01	0,86 ± 0,04	0,88 ± 0,00
24	0,23 ± 0,04	0,60 ± 0,11	0,65 ± 0,09
25			
26	0,26 ± 0,04	0,94 ± 0,02	0,45 ± 0,06
27	0,59 ± 0,01**	1,35 ± 0,10**	1,31 ± 0,07*
28	0,34 ± 0,04	0,72 ± 0,09	0,75 ± 0,10
29	0,19 ± 0,03	0,72 ± 0,03	0,88 ± 0,02
Media	0,26	0,74	0,77
D.E.	0,13	0,28	0,33
C.V.	0,48	0,38	0,43
Aceptado	0,26 ± 0,09	0,77 ± 0,18	0,81 ± 0,24
C.V.	0,36	0,23	0,30

Cuadro 5.2. Z-scores del boro disponible (mg/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0.67	0.12	-0.20
2	-2.77	-4.26	-3.29
3	0.81	0.23	-0.10
4	0.67	0.47	0.98
5	0.35	0.74	0.54
6	-1.49	-1.35	-0.61
7			
8	0.60	1.11	0.83
9	-1.28	-1.90	-2.71
10	1.17	0.28	0.31
11	0.17	0.87	0.12
12	-0.46	-0.51	-0.23
13	-0.36	0.47	0.73
14			
15	0.21	0.30	-0.10
16	2.77	-0.09	0.44
17	0.07	0.70	1.93
18	-0.68	-0.78	-0.53
19	-2.45	-3.83	-2.90
20	-0.11	1.44	1.89
21	-1.28	-2.07	-1.44
22	0.14	-0.21	0.59
23	0.42	0.47	0.31
24	-0.32	-0.95	-0.64
25			
26	0.03	0.91	-1.46
27	3.51	3.17	2.07
28	0.81	-0.31	-0.23
29	-0.78	-0.31	0.31



5.2 Cobre disponible

El 83 % de los laboratorios reportaron los contenidos de cobre disponible en las muestras. De ellos, cuatro laboratorios informaron valores para todas las muestras que se ubicaron a una distancia superior a dos desviaciones estándar del valor aceptado. Además, dos laboratorios presentaron valores que excedieron una desviación estándar del valor aceptado en, al menos, una de las muestras analizadas. Considerando estos valores fuera de rango, el coeficiente de variación entre laboratorios para este ensayo fue superior al 100 %. No obstante, el coeficiente de variación respecto del valor aceptado fue inferior al 20 %, lo que se considera aceptable, aunque no óptimo.

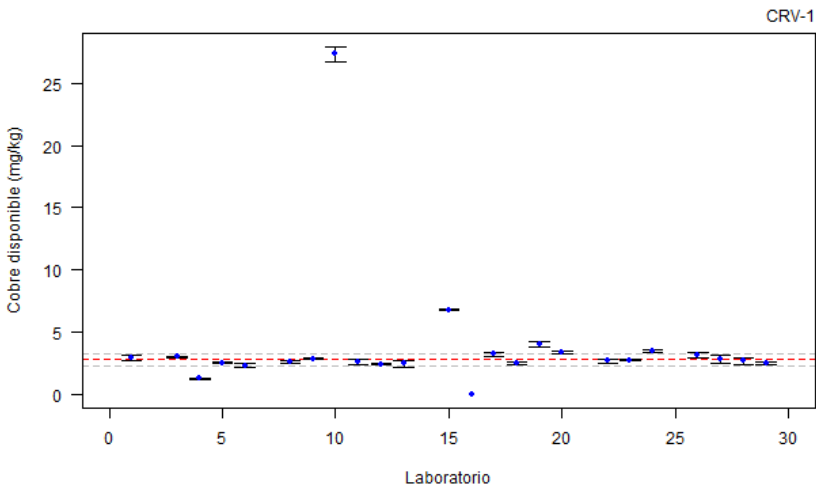


Figura 5.2.1. Valores reportados por cada laboratorio para cobre disponible en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

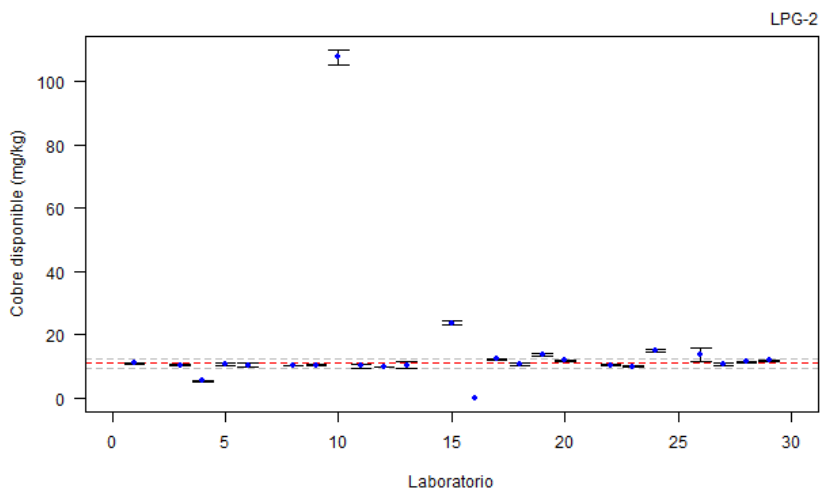


Figura 5.2.2. Valores reportados por cada laboratorio para cobre disponible en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

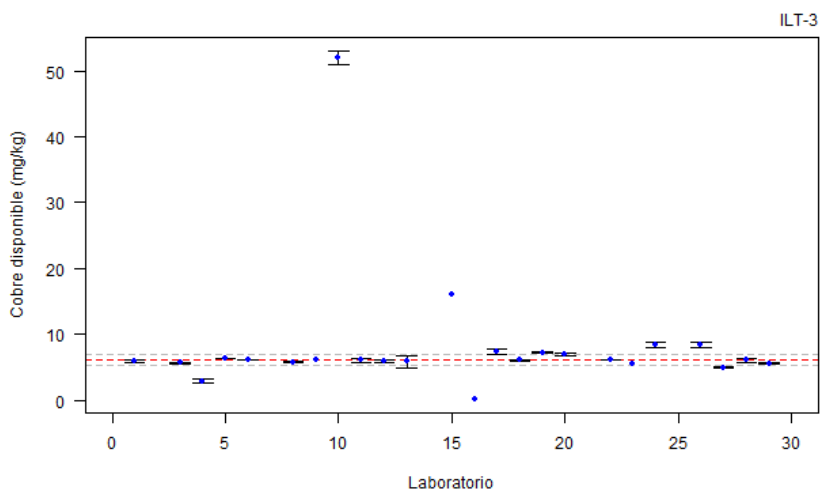


Figura 5.2.3. Valores reportados por cada laboratorio para cobre disponible en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 5.3. Media y desviación estándar de cobre disponible (mg/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	2,89 ± 0,21	11,03 ± 0,23	5,95 ± 0,20
2			
3	2,99 ± 0,04	10,33 ± 0,15	5,70 ± 0,08
4	1,27 ± 0,04**	5,44 ± 0,18**	2,92 ± 0,25**
5	2,53 ± 0,07	10,63 ± 0,31	6,28 ± 0,03
6	2,31 ± 0,17	10,43 ± 0,67	6,16 ± 0,04
7			
8	2,57 ± 0,10	10,30 ± 0,10	5,79 ± 0,10
9	2,87 ± 0,06	10,43 ± 0,21	6,10 ± 0,01
10	27,33 ± 0,58**	107,67 ± 2,31**	52,00 ± 1,00**
11	2,60 ± 0,17	10,18 ± 0,59	6,05 ± 0,37
12	2,43 ± 0,06	9,87 ± 0,12	5,93 ± 0,29
13	2,47 ± 0,28	10,47 ± 1,07	5,85 ± 0,86
14			
15	6,80 ± 0,10**	23,67 ± 0,58**	16,00 ± 0,00**
16	0,01 ± 0,00**	0,03 ± 0,00**	0,20 ± 0,00**
17	3,22 ± 0,19	12,34 ± 0,21	7,45 ± 0,39
18	2,48 ± 0,08	10,72 ± 0,38	6,09 ± 0,10
19	4,06 ± 0,22*	13,57 ± 0,50	7,20 ± 0,11
20	3,40 ± 0,10	11,80 ± 0,20	7,03 ± 0,21
21			
22	2,66 ± 0,12	10,33 ± 0,16	6,14 ± 0,10
23	2,76 ± 0,08	9,97 ± 0,12	5,60 ± 0,00
24	3,45 ± 0,10	15,15 ± 0,42*	8,45 ± 0,36*
25			
26	3,20 ± 0,21	13,74 ± 2,12	8,42 ± 0,46*
27	2,83 ± 0,28	10,67 ± 0,58	4,98 ± 0,03
28	2,67 ± 0,31	11,47 ± 0,29	6,10 ± 0,35
29	2,52 ± 0,09	11,83 ± 0,21	5,61 ± 0,06
Media	3,85	15,09	8,25
D.E.	5,06	19,83	9,55
C.V.	1,32	1,31	1,16
Aceptado	2,81 ± 0,50	11,04 ± 1,43	6,19 ± 0,85
C.V.	0,18	0,13	0,14

Cuadro 5.4. Z-scores del cobre disponible (mg/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0.17	-0.01	-0.28
2			
3	0.37	-0.50	-0.58
4	-3.06	-3.92	-3.85
5	-0.55	-0.29	0.11
6	-0.98	-0.43	-0.03
7			
8	-0.47	-0.52	-0.47
9	0.12	-0.43	-0.11
10	48.74	67.62	53.95
11	-0.41	-0.60	-0.16
12	-0.74	-0.82	-0.30
13	-0.66	-0.40	-0.40
14			
15	7.93	8.84	11.55
16	-5.56	-7.71	-7.05
17	0.81	0.91	1.48
18	-0.64	-0.22	-0.11
19	2.49	1.77	1.20
20	1.18	0.53	1.00
21			
22	-0.29	-0.50	-0.06
23	-0.10	-0.75	-0.69
24	1.28	2.87	2.67
25			
26	0.77	1.89	2.63
27	0.04	-0.26	-1.42
28	-0.28	0.30	-0.10
29	-0.57	0.55	-0.68

5.3 Manganeso disponible

El 83 % de los laboratorios reportaron los contenidos de manganeso disponible en las muestras. De ellos, cuatro laboratorios informaron valores que se ubicaron a una distancia superior a dos desviaciones estándar del valor aceptado en al menos una de las muestras analizadas. Además, un laboratorio presentó valores que excedieron una desviación estándar del valor aceptado en todas las muestras, sobrestimando consistentemente los resultados. Considerando estos valores fuera de rango, el coeficiente de variación entre laboratorios para este ensayo fue superior al 100 %, superando el 200 % en dos de las tres muestras analizadas. Con esta dispersión, el coeficiente de variación respecto del valor aceptado supera el umbral del 20 %, por lo que resulta necesario confirmar la estandarización de las metodologías empleadas.

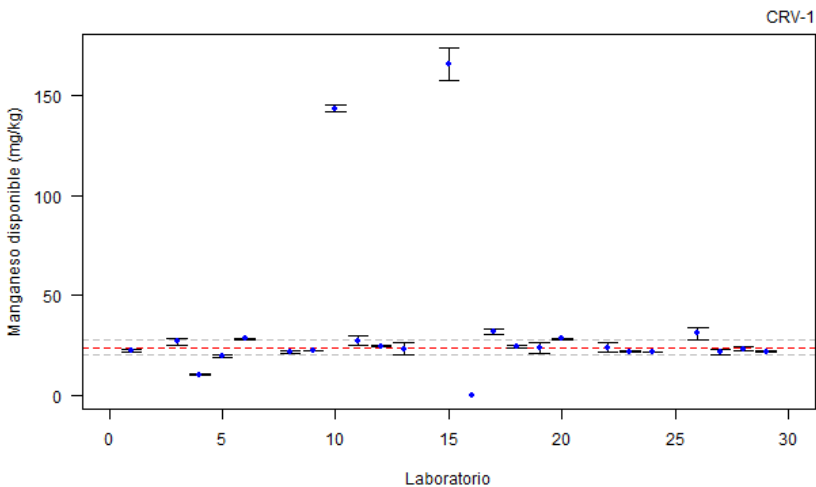


Figura 5.3.1. Valores reportados por cada laboratorio para manganeso disponible en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

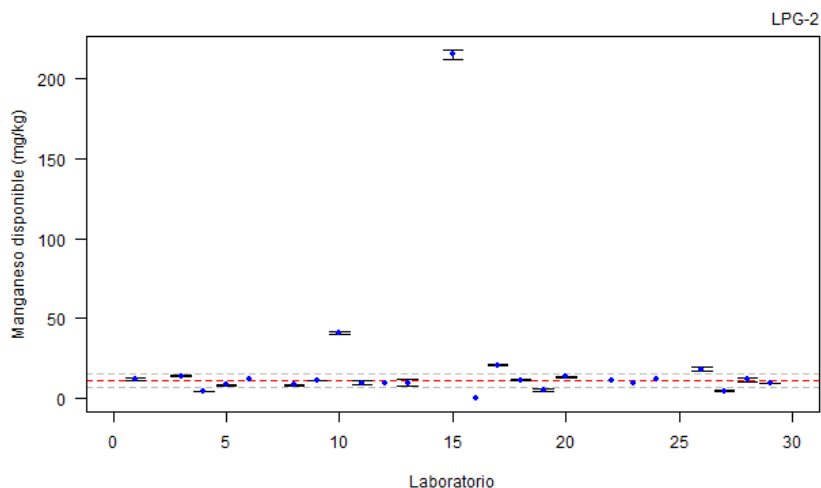


Figura 5.3.2. Valores reportados por cada laboratorio para manganeso disponible en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

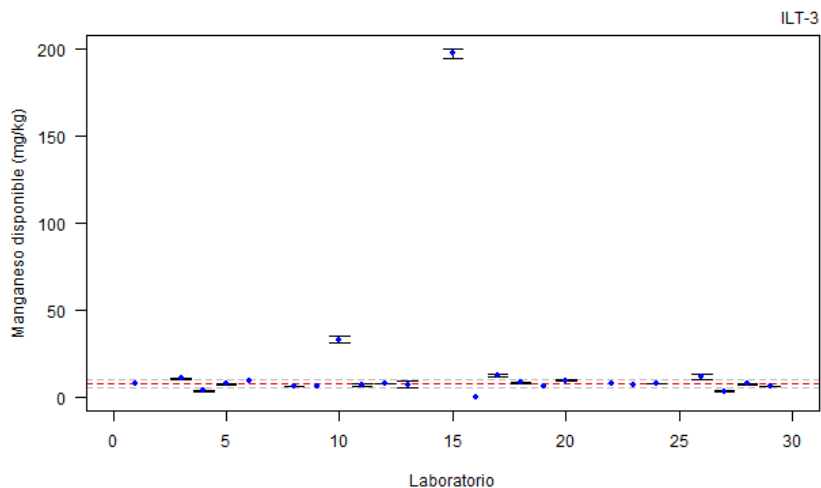


Figura 5.3.3. Valores reportados por cada laboratorio para manganeso disponible en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 5.5. Media y desviación estándar de manganeso disponible (mg/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	22,47 ± 0,84	11,83 ± 1,10	7,91 ± 0,05
2			
3	26,80 ± 1,59	13,76 ± 0,23	10,43 ± 0,72
4	10,47 ± 0,41**	4,42 ± 0,15	3,56 ± 0,38
5	19,57 ± 0,83	8,07 ± 0,15	7,36 ± 0,22
6	28,30 ± 0,20	11,73 ± 0,06	9,49 ± 0,04
7			
8	21,67 ± 0,49	8,08 ± 0,11	6,41 ± 0,09
9	22,47 ± 0,12	11,17 ± 0,21	6,52 ± 0,03
10	143,33 ± 1,53**	41,00 ± 1,00**	33,00 ± 1,73**
11	27,24 ± 2,34	9,70 ± 1,54	7,26 ± 0,77
12	24,73 ± 0,31	9,47 ± 0,06	7,67 ± 0,21
13	23,18 ± 3,12	9,59 ± 2,40	7,03 ± 1,86
14			
15	165,67 ± 8,02**	215,33 ± 2,89**	197,00 ± 2,65**
16	0,09 ± 0,00**	0,06 ± 0,00*	0,03 ± 0,00**
17	31,72 ± 1,17*	20,76 ± 0,29*	12,52 ± 0,53*
18	24,59 ± 0,68	11,13 ± 0,40	8,23 ± 0,50
19	23,61 ± 2,86	4,95 ± 0,73	6,02 ± 0,04
20	28,17 ± 0,29	13,23 ± 0,25	9,60 ± 0,10
21			
22	24,00 ± 2,43	10,77 ± 0,06	7,41 ± 0,00
23	21,87 ± 0,23	9,44 ± 0,00	7,10 ± 0,00
24	21,75 ± 0,22	11,84 ± 0,06	7,68 ± 0,10
25			
26	30,95 ± 3,17	17,96 ± 1,19	11,91 ± 1,49
27	21,67 ± 1,53	4,38 ± 0,52	3,23 ± 0,40
28	23,23 ± 1,17	11,47 ± 1,48	7,43 ± 0,60
29	22,00 ± 0,20	9,15 ± 0,13	6,25 ± 0,21
Media	33,73	19,97	16,29
D.E.	37,39	41,71	38,39
C.V.	1,11	2,09	2,36
Aceptado	23,95 ± 3,63	10,75 ± 4,12	7,72 ± 2,32
C.V.	0,15	0,38	0,30

Cuadro 5.6. Z-scores del manganeso disponible (mg/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	-0.41	0.26	0.08
2			
3	0.79	0.73	1.17
4	-3.72	-1.54	-1.79
5	-1.21	-0.65	-0.16
6	1.20	0.24	0.76
7			
8	-0.63	-0.65	-0.56
9	-0.41	0.10	-0.52
10	32.92	7.34	10.88
11	0.91	-0.25	-0.20
12	0.22	-0.31	-0.02
13	-0.21	-0.28	-0.30
14			
15	39.08	49.67	81.48
16	-6.58	-2.59	-3.31
17	2.14	2.43	2.06
18	0.18	0.09	0.22
19	-0.09	-1.41	-0.73
20	1.16	0.60	0.81
21			
22	0.01	0.01	-0.13
23	-0.58	-0.32	-0.27
24	-0.61	0.27	-0.02
25			
26	1.93	1.75	1.80
27	-0.63	-1.55	-1.93
28	-0.20	0.17	-0.12
29	-0.54	-0.39	-0.64

5.4 Hierro disponible

Al igual que lo observado para zinc y manganeso, los reportes de hierro presentan una alta variación, con siete laboratorios que informaron valores que se alejaron más de lo permitido por la metodología empleada respecto del valor aceptado. Como resultado, el coeficiente de variación de los valores observados fue superior al 100 %, lo que indica una baja reproducibilidad entre laboratorios. Con esta dispersión, el coeficiente de variación respecto del valor aceptado supera el umbral del 20 %, por lo que resulta necesario confirmar la estandarización de las metodologías empleadas.

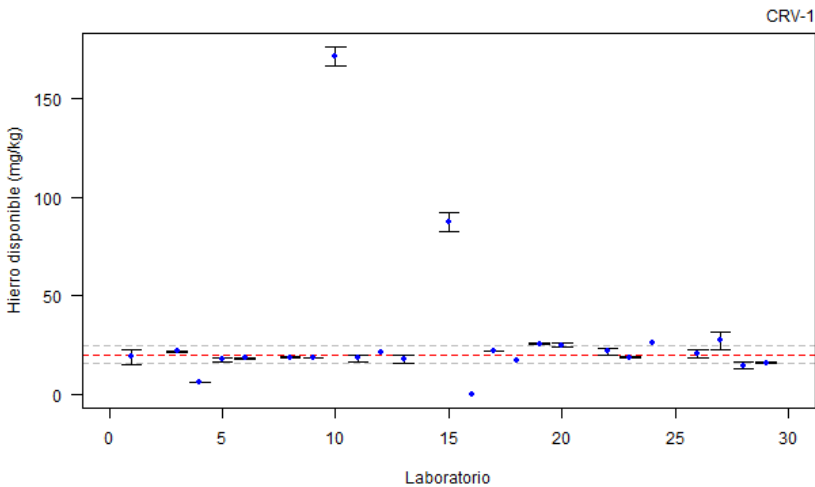


Figura 5.4.1. Valores reportados por cada laboratorio para hierro disponible en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

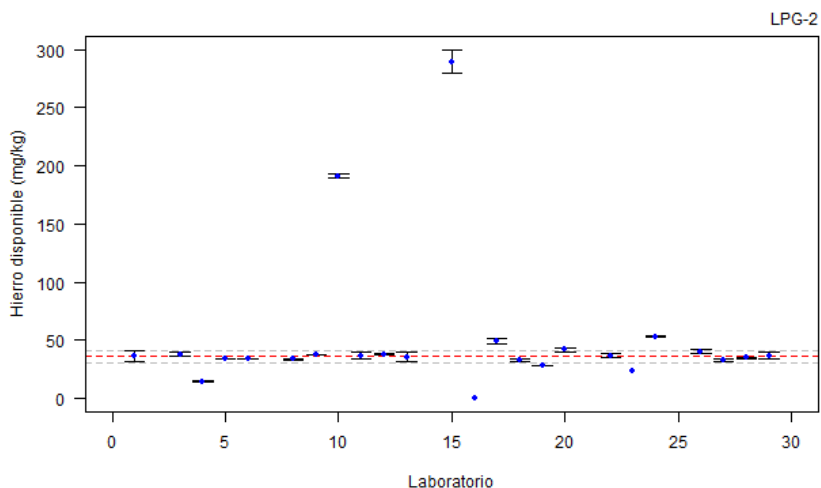


Figura 5.4.2. Valores reportados por cada laboratorio para hierro disponible en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

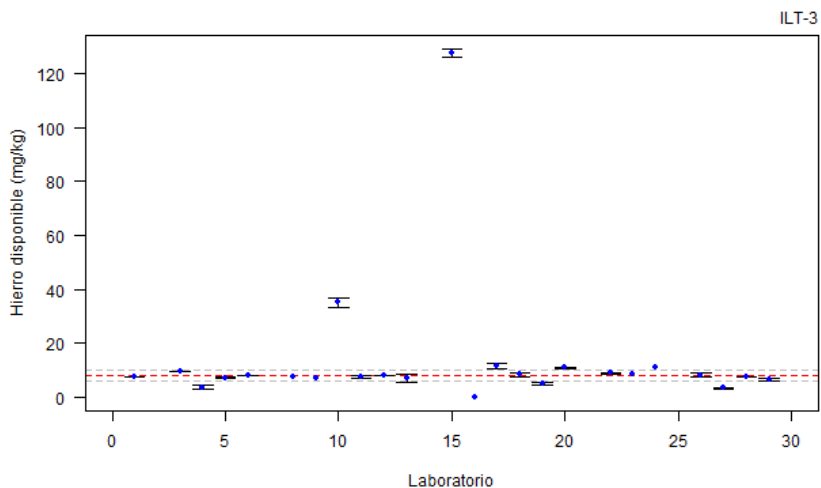


Figura 5.4.3. Valores reportados por cada laboratorio para hierro disponible en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 5.7. Media y desviación estándar de hierro disponible (mg/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	19,03 ± 3,69	36,00 ± 4,84	7,37 ± 0,07
2			
3	21,83 ± 0,47	37,73 ± 1,66	9,52 ± 0,23
4	6,42 ± 0,12**	14,35 ± 0,75**	3,64 ± 0,77*
5	17,67 ± 0,80	33,53 ± 0,15	7,19 ± 0,12
6	18,33 ± 0,42	33,83 ± 0,21	8,18 ± 0,07
7			
8	18,97 ± 0,22	33,35 ± 0,43	7,39 ± 0,02
9	18,63 ± 0,15	37,73 ± 0,21	6,92 ± 0,02
10	171,67 ± 4,73**	191,33 ± 1,53**	35,21 ± 1,82**
11	18,29 ± 1,67	36,62 ± 3,23	7,41 ± 0,65
12	21,40 ± 0,00	37,47 ± 0,64	7,83 ± 0,06
13	17,74 ± 2,06	35,24 ± 3,99	7,09 ± 1,45
14			
15	87,33 ± 4,73**	289,67 ± 10,12**	127,67 ± 1,53**
16	0,16 ± 0,01**	0,09 ± 0,00**	0,03 ± 0,00**
17	22,17 ± 0,12	48,95 ± 2,00*	11,62 ± 1,00
18	17,08 ± 0,03	33,04 ± 1,07	8,40 ± 0,64
19	25,64 ± 0,44	28,04 ± 0,52	5,05 ± 0,57
20	25,00 ± 1,00	42,00 ± 1,73	10,93 ± 0,23
21			
22	21,95 ± 1,67	36,53 ± 1,83	8,80 ± 0,13
23	18,73 ± 0,40	23,10 ± 0,00*	8,70 ± 0,00
24	26,18 ± 0,04	53,07 ± 0,12**	11,09 ± 0,03
25			
26	20,80 ± 2,25	40,29 ± 1,38	8,08 ± 0,76
27	27,33 ± 4,51	32,33 ± 1,15	3,23 ± 0,40*
28	14,73 ± 1,50	34,87 ± 0,71	7,53 ± 0,21
29	16,17 ± 0,32	36,77 ± 3,04	6,45 ± 0,35
Media	28,05	51,08	13,56
D.E.	33,69	60,17	24,74
C.V.	1,20	1,18	1,82
Aceptado	20,11 ± 4,50	35,79 ± 5,53	7,90 ± 1,91
C.V.	0,22	0,15	0,24

Cuadro 5.8. Z-scores del hierro disponible (mg/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	-0.24	0.04	-0.28
2			
3	0.38	0.35	0.85
4	-3.04	-3.88	-2.23
5	-0.54	-0.41	-0.37
6	-0.39	-0.35	0.15
7			
8	-0.25	-0.44	-0.27
9	-0.33	0.35	-0.51
10	33.66	28.14	14.31
11	-0.40	0.15	-0.26
12	0.29	0.30	-0.04
13	-0.53	-0.10	-0.43
14			
15	14.93	45.92	62.73
16	-4.43	-6.46	-4.12
17	0.46	2.38	1.95
18	-0.67	-0.50	0.26
19	1.23	-1.40	-1.49
20	1.09	1.12	1.59
21			
22	0.41	0.13	0.47
23	-0.31	-2.30	0.42
24	1.35	3.13	1.67
25			
26	0.15	0.81	0.09
27	1.60	-0.63	-2.45
28	-1.19	-0.17	-0.19
29	-0.88	0.18	-0.76

5.5 Zinc disponible

En el caso del zinc disponible, se observó una participación amplia de laboratorios; sin embargo, los resultados presentaron una dispersión significativa. En total, seis laboratorios reportaron valores que se ubicaron a más de dos desviaciones estándar del valor aceptado, y dos de ellos informaron valores consistentemente alejados para todas las muestras analizadas. Destacan especialmente los laboratorios 10, 15 y 16, cuyos resultados se apartan considerablemente del rango esperado, con sobreestimaciones o subestimaciones sistemáticas. El coeficiente de variación entre laboratorios superó el 100 % en las tres series analizadas, alcanzando valores de hasta 127 % para CRV-1. No obstante, el coeficiente de variación respecto del valor aceptado se mantuvo dentro del umbral establecido ($<20\%$), con valores entre 11 % y 16 %, lo que indica que, a pesar de la dispersión general, existe un núcleo de laboratorios que entrega resultados consistentes.

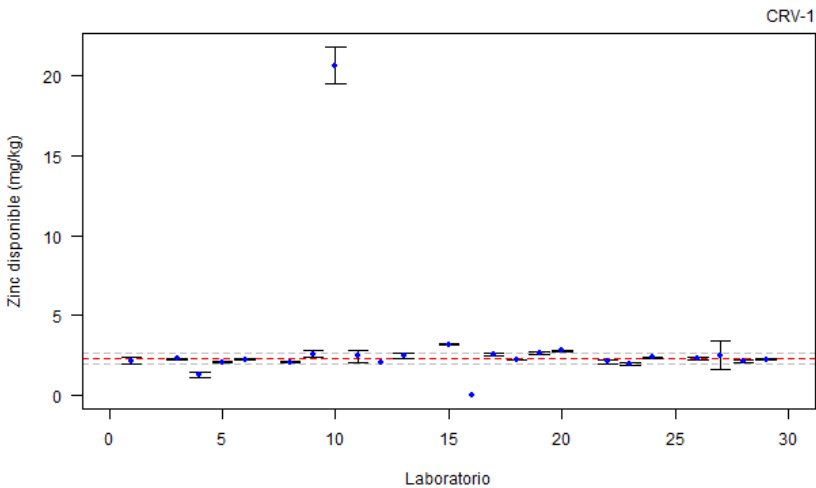


Figura 5.5.1. Valores reportados por cada laboratorio para zinc disponible en la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

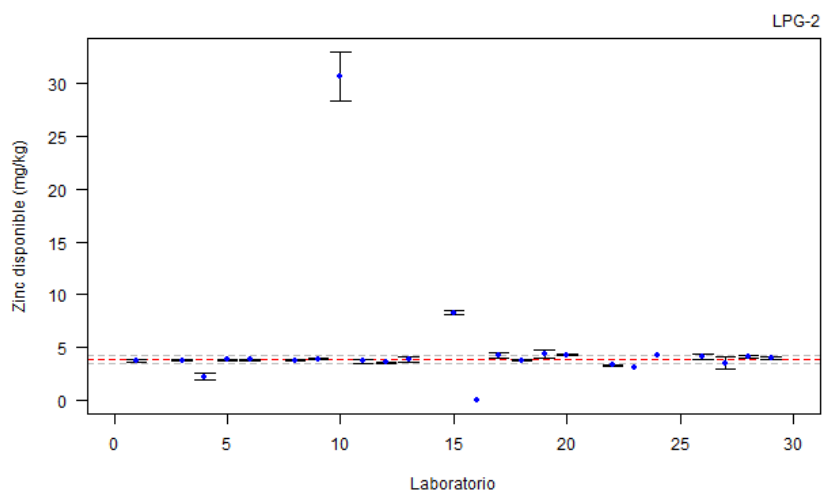


Figura 5.5.2. Valores reportados por cada laboratorio para zinc disponible en la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

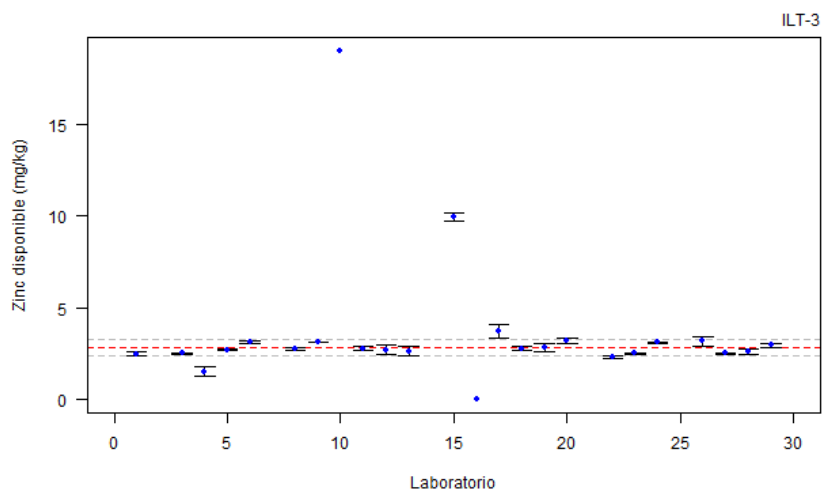


Figura 5.5.3. Valores reportados por cada laboratorio para zinc disponible en la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 5.9. Media y desviación estándar de zinc disponible (mg/kg) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	2,15 ± 0,20	3,73 ± 0,09	2,47 ± 0,11
2			
3	2,27 ± 0,06	3,75 ± 0,06	2,50 ± 0,02
4	1,29 ± 0,16*	2,22 ± 0,33**	1,51 ± 0,27*
5	2,08 ± 0,07	3,80 ± 0,04	2,71 ± 0,03
6	2,24 ± 0,04	3,80 ± 0,03	3,14 ± 0,08
7			
8	2,05 ± 0,04	3,77 ± 0,03	2,73 ± 0,06
9	2,57 ± 0,21	3,92 ± 0,02	3,10 ± 0,02
10	20,67 ± 1,15**	30,67 ± 2,31**	19,00 ± 0,00**
11	2,43 ± 0,36	3,72 ± 0,19	2,78 ± 0,13
12	2,00 ± 0,00	3,57 ± 0,06	2,70 ± 0,26
13	2,47 ± 0,13	3,87 ± 0,24	2,63 ± 0,24
14			
15	3,17 ± 0,06*	8,30 ± 0,17**	9,97 ± 0,23**
16	0,01 ± 0,00**	0,02 ± 0,00**	0,01 ± 0,00**
17	2,57 ± 0,06	4,30 ± 0,26	3,71 ± 0,39*
18	2,21 ± 0,04	3,78 ± 0,06	2,77 ± 0,11
19	2,66 ± 0,09	4,34 ± 0,38	2,85 ± 0,22
20	2,77 ± 0,06	4,30 ± 0,10	3,17 ± 0,15
21			
22	2,12 ± 0,13	3,29 ± 0,04	2,30 ± 0,04
23	1,97 ± 0,06	3,10 ± 0,00	2,49 ± 0,01
24	2,35 ± 0,02	4,30 ± 0,01	3,09 ± 0,04
25			
26	2,31 ± 0,12	4,08 ± 0,23	3,18 ± 0,25
27	2,50 ± 0,92	3,54 ± 0,53	2,50 ± 0,04
28	2,13 ± 0,12	4,10 ± 0,10	2,60 ± 0,17
29	2,24 ± 0,05	3,99 ± 0,12	2,93 ± 0,12
Media	2,97	4,93	3,62
D.E.	3,77	5,57	3,62
C.V.	1,27	1,13	1,00
Aceptado	2,29 ± 0,36	3,85 ± 0,42	2,80 ± 0,44
C.V.	0,16	0,11	0,16

Cuadro 5.10. Z-scores del zinc disponible (mg/kg), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	-0.37	-0.28	-0.74
2			
3	-0.06	-0.25	-0.69
4	-2.74	-3.85	-2.93
5	-0.58	-0.12	-0.21
6	-0.12	-0.11	0.78
7			
8	-0.66	-0.19	-0.16
9	0.77	0.15	0.68
10	50.76	63.16	36.82
11	0.40	-0.32	-0.05
12	-0.79	-0.67	-0.22
13	0.51	0.04	-0.38
14			
15	2.43	10.48	16.29
16	-6.29	-9.03	-6.33
17	0.78	1.05	2.08
18	-0.21	-0.16	-0.06
19	1.03	1.14	0.11
20	1.32	1.06	0.84
21			
22	-0.45	-1.32	-1.13
23	-0.88	-1.77	-0.71
24	0.16	1.05	0.66
25			
26	0.06	0.54	0.86
27	0.60	-0.74	-0.68
28	-0.42	0.59	-0.45
29	-0.14	0.33	0.31

Capítulo 6

Textura

Los resultados obtenidos en esta ronda de ensayo deben analizarse considerando los siguientes supuestos fundamentales:

1. Homogeneidad de las muestras entregadas: Se asume que todas las muestras distribuidas son homogéneas, condición esencial para asegurar la comparabilidad entre laboratorios.
2. Salinidad de la muestra: En ausencia de una indicación específica, se presupone que las muestras no presentan salinidad significativa. En caso contrario, debe identificarse y declararse la condición de salinidad, ya que esta influye directamente en la elección del método de análisis. Las metodologías para suelos salinos y no salinos no son intercambiables.
3. Estandarización de los materiales y procedimientos utilizados por los laboratorios:
 - a) Cilindros Bouyoucos: Deben ser estandarizados y calibrados (por ejemplo, marca Soil Test), con dimensiones uniformes (diámetro y altura).
 - b) Hidrómetro: Debe estar calibrado y estandarizado para garantizar lecturas precisas en los distintos tiempos de medición.
 - c) Dispersante químico: Es obligatorio descontar la concentración del dispersante utilizado (g/L) en los cálculos finales.
 - d) Dispersión mecánica: Se deben estandarizar tanto la velocidad (rpm) como el tipo de aspas del agitador utilizado.
 - e) Corrección por temperatura: La temperatura de la suspensión dentro del cilindro debe medirse y corregirse, ya que afecta la velocidad de sedimentación de las partículas.

Cuadro 6.1. Clase textural definida a partir de las proporciones promedios de las arenas, limos y arcillas de los 18 laboratorios participantes.

Muestras	Arena %	Limo %	Arcilla %	Total %	Clase Textural —
CRV-1	59	26	15	100	FRANCO ARCILLO ARENOSO
LPG-2	64	23	13	100	FRANCO ARCILLO ARENOSO
ILT-3	41	40	18	100	FRANCO ARCILLOSO-ARCILLOSO

Con relación a esta ronda interlaboratorios, donde participaron 18 de un total de 29 laboratorios (62 %), se optó por utilizar la media y su desviación estándar, así como también el valor aceptado de los resultados reportados como base para la evaluación. Se asumió que los valores que se encontraban dentro del rango de la media $\pm$ dos desviaciones estándar correspondían a resultados aceptables o “verdaderos”. Sin embargo, esta interpretación sólo es válida si se cumplen los supuestos técnicos mencionados anteriormente. De no ser así, las conclusiones obtenidas podrían ser erróneas. Se destaca que antes de esta ronda, en el año 2022, se realizó una capacitación detallada, de estas metodologías, la cual buscó garantizar la estandarización metodológica, que luego fue reforzada en la reunión LATSOLAN -RENALASCH el año 2024. A diferencia de la ronda del año 2023, en la cual la alta dispersión de resultados no permitió sacar conclusiones claras, en esta nueva ronda se evidencia una mejora notable en los resultados. Aun así, se observó una variabilidad significativa entre laboratorios frente a una misma muestra, lo cual subraya la importancia de seguir avanzando en la estandarización de métodos y el aseguramiento de calidad entre laboratorios.

Se debe tener presente que la proporción de arena, limo y arcilla tiene un objetivo central de poder definir la clase textural del suelo, requerimiento en la mayoría de los informes y trabajos requeridos en las entidades públicas, esta clase textural corresponde a la indicada en el triángulo textural (USDA), en la tabla a continuación se realizó el ejercicio de determinar esta clase para los valores promedios. Sin embargo, el suelo ILT-3 desde una exploración al tacto correspondería a una textura Franca y según algunos laboratorios en el reporte, al parecer el uso de los valores promedio estaría dejando en el límite de dos texturas diferentes y esto no logra diferenciarse en el triángulo textural.

En relación a la variabilidad general de los resultados, para las muestras CRV-1, LPG-2 e ILT-3, tanto para arena y limo, se mantuvo menor al 15 % y mayor al 30 % para el caso de la arcilla. Existen casos puntuales de laboratorios que presentan problemas en el informe de resultados, sin embargo son puntuales. Se destaca que para arena y arcilla, los valores medios y aceptados son muy cercanos.

6.1 Arena

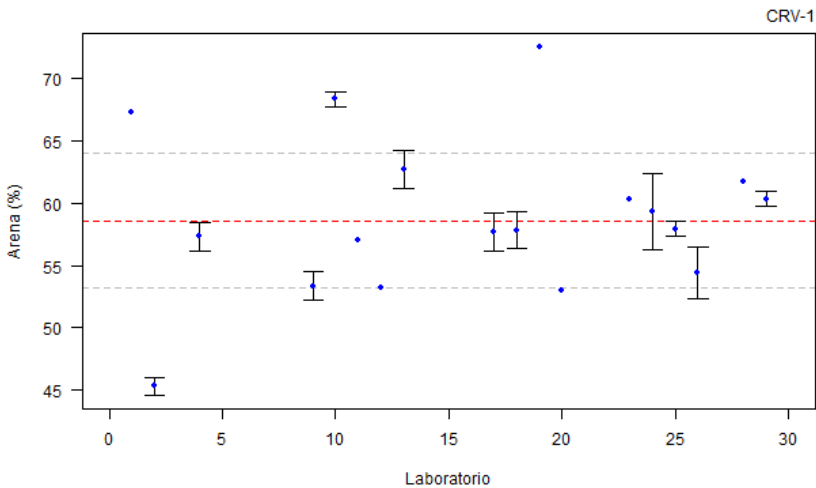


Figura 6.1.1. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de arena de la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

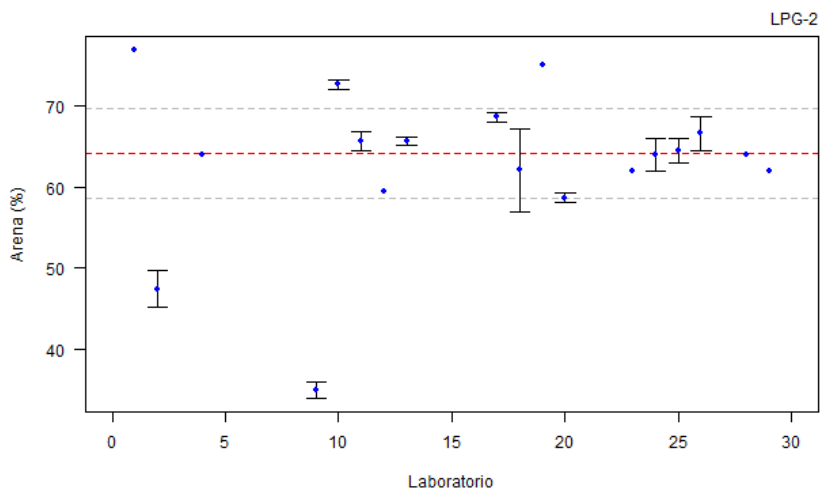


Figura 6.1.2. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de arena de la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

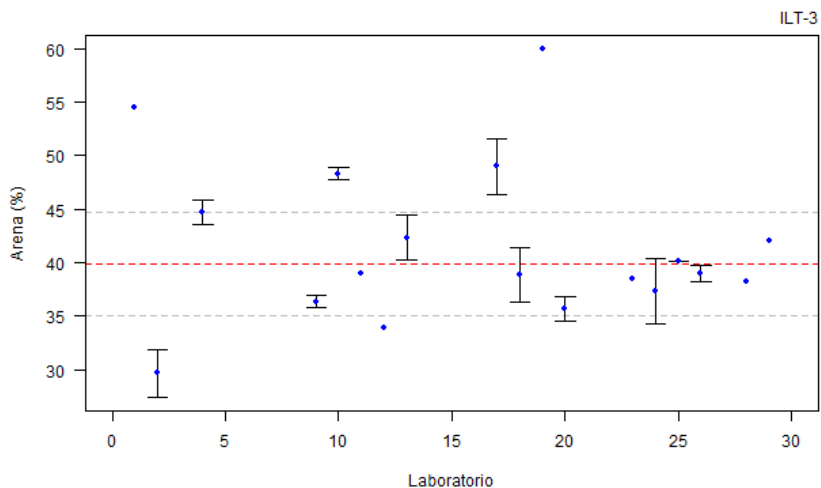


Figura 6.1.3. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de arena de la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 6.2. Media y desviación estándar de arena (%) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	67,30 ± 0,00	76,90 ± 0,00*	54,50 ± 0,00**
2	45,30 ± 0,70*	47,47 ± 2,32**	29,63 ± 2,22*
3			
4	57,33 ± 1,15	64,00 ± 0,00	44,67 ± 1,15
5			
6			
7			
8			
9	53,33 ± 1,15	35,00 ± 1,00**	36,33 ± 0,58
10	68,33 ± 0,58	72,67 ± 0,58	48,33 ± 0,58
11	57,00 ± 0,00	65,67 ± 1,15	39,00 ± 0,00
12	53,20 ± 0,00	59,50 ± 0,00	33,90 ± 0,00
13	62,67 ± 1,53	65,67 ± 0,58	42,33 ± 2,08
14			
15			
16			
17	57,67 ± 1,53	68,67 ± 0,58	49,00 ± 2,65
18	57,80 ± 1,46	62,07 ± 5,06	38,88 ± 2,55
19	72,52 ± 0,00*	75,12 ± 0,00	60,00 ± 0,00**
20	53,00 ± 0,00	58,67 ± 0,58	35,67 ± 1,15
21			
22			
23	60,25 ± 0,00	61,93 ± 0,00	38,49 ± 0,00
24	59,33 ± 3,06	64,00 ± 2,00	37,33 ± 3,06
25	57,93 ± 0,58	64,53 ± 1,50	40,13 ± 0,06
26	54,40 ± 2,06	66,63 ± 2,07	38,97 ± 0,73
27			
28	61,72 ± 0,00	63,99 ± 0,00	38,16 ± 0,00
29	60,33 ± 0,58	62,00 ± 0,00	42,00 ± 0,00
Media	58,79	63,08	41,14
D.E.	6,24	9,35	7,62
C.V.	0,11	0,15	0,19
Aceptado	58,57 ± 5,40	64,19 ± 5,55	39,87 ± 4,86
C.V.	0,09	0,09	0,12

Cuadro 6.3. Z-scores del arena (%), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	1.62	2.29	3.01
2	-2.46	-3.02	-2.11
3			
4	-0.23	-0.03	0.99
5			
6			
7			
8			
9	-0.97	-5.26	-0.73
10	1.81	1.53	1.74
11	-0.29	0.27	-0.18
12	-0.99	-0.85	-1.23
13	0.76	0.27	0.51
14			
15			
16			
17	-0.17	0.81	1.88
18	-0.14	-0.38	-0.20
19	2.58	1.97	4.15
20	-1.03	-1.00	-0.87
21			
22			
23	0.31	-0.41	-0.28
24	0.14	-0.03	-0.52
25	-0.12	0.06	0.05
26	-0.77	0.44	-0.19
27			
28	0.58	-0.04	-0.35
29	0.33	-0.39	0.44

6.2 Limo

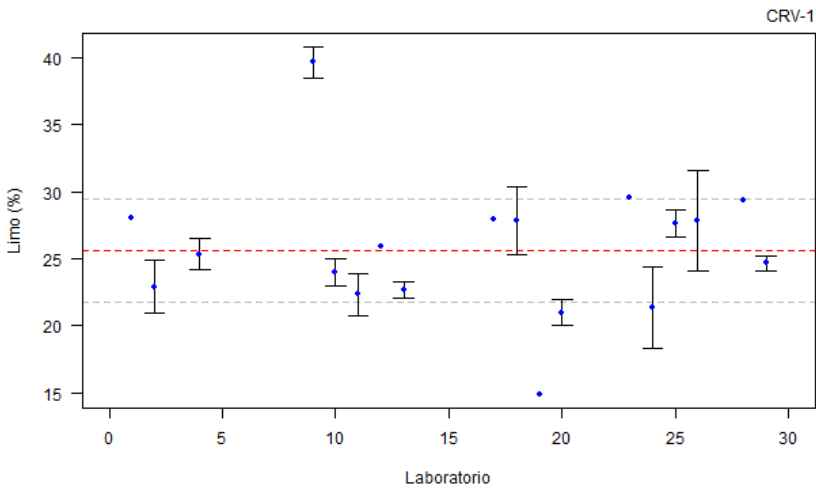


Figura 6.2.1. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de limo de la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

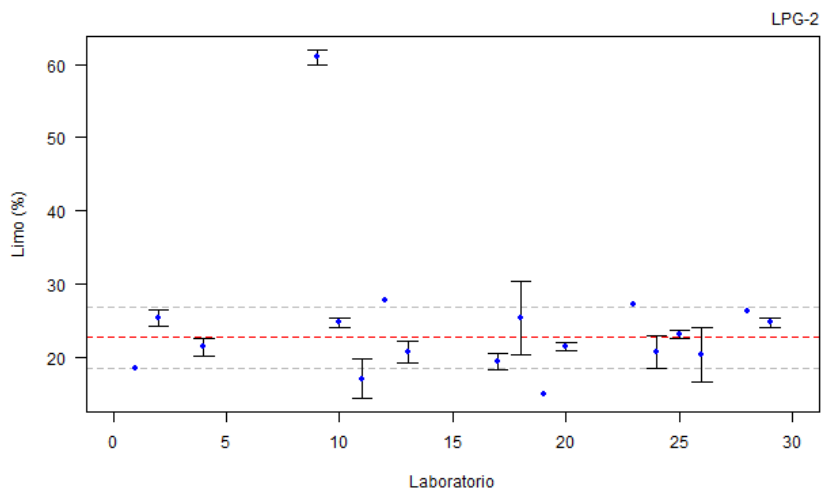


Figura 6.2.2. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de limo de la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

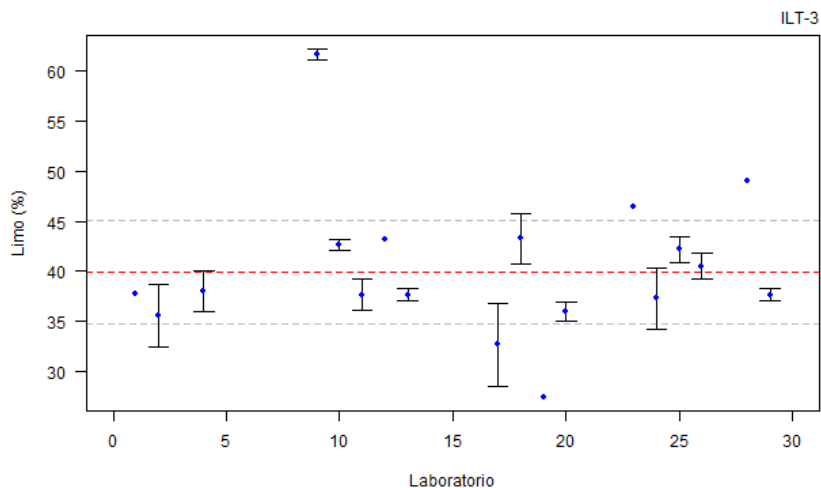


Figura 6.2.3. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de limo de la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 6.4. Media y desviación estándar de limo (%) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	28,10 ± 0,00	18,50 ± 0,00	37,70 ± 0,00
2	22,93 ± 2,01	25,30 ± 1,14	35,63 ± 3,13
3			
4	25,33 ± 1,15	21,33 ± 1,15	38,00 ± 2,00
5			
6			
7			
8			
9	39,67 ± 1,15**	61,00 ± 1,00**	61,67 ± 0,58**
10	24,00 ± 1,00	24,67 ± 0,58	42,67 ± 0,58
11	22,33 ± 1,53	17,00 ± 2,65	37,67 ± 1,53
12	25,90 ± 0,00	27,80 ± 0,00	43,20 ± 0,00
13	22,67 ± 0,58	20,67 ± 1,53	37,67 ± 0,58
14			
15			
16			
17	28,00 ± 0,00	19,33 ± 1,15	32,67 ± 4,16
18	27,85 ± 2,53	25,29 ± 5,06	43,30 ± 2,55
19	14,90 ± 0,00*	14,81 ± 0,00	27,44 ± 0,00*
20	21,00 ± 1,00	21,33 ± 0,58	36,00 ± 1,00
21			
22			
23	29,61 ± 0,00	27,12 ± 0,00	46,49 ± 0,00
24	21,33 ± 3,06	20,67 ± 2,31	37,33 ± 3,06
25	27,63 ± 1,01	23,03 ± 0,58	42,20 ± 1,31
26	27,84 ± 3,75	20,33 ± 3,75	40,52 ± 1,29
27			
28	29,33 ± 0,00	26,16 ± 0,00	48,98 ± 0,00
29	24,67 ± 0,58	24,67 ± 0,58	37,67 ± 0,58
Media	25,75	24,30	40,72
D.E.	5,06	9,58	7,46
C.V.	0,20	0,39	0,18
Aceptado	25,60 ± 3,85	22,63 ± 4,21	39,99 ± 5,18
C.V.	0,15	0,19	0,13

Cuadro 6.5. Z-scores del limo (%), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	0.65	-0.98	-0.44
2	-0.69	0.63	-0.84
3			
4	-0.07	-0.31	-0.38
5			
6			
7			
8			
9	3.65	9.12	4.19
10	-0.41	0.48	0.52
11	-0.85	-1.34	-0.45
12	0.08	1.23	0.62
13	-0.76	-0.47	-0.45
14			
15			
16			
17	0.62	-0.78	-1.41
18	0.58	0.63	0.64
19	-2.78	-1.86	-2.42
20	-1.19	-0.31	-0.77
21			
22			
23	1.04	1.07	1.26
24	-1.11	-0.47	-0.51
25	0.53	0.09	0.43
26	0.58	-0.55	0.10
27			
28	0.97	0.84	1.74
29	-0.24	0.48	-0.45

6.3 Arcilla

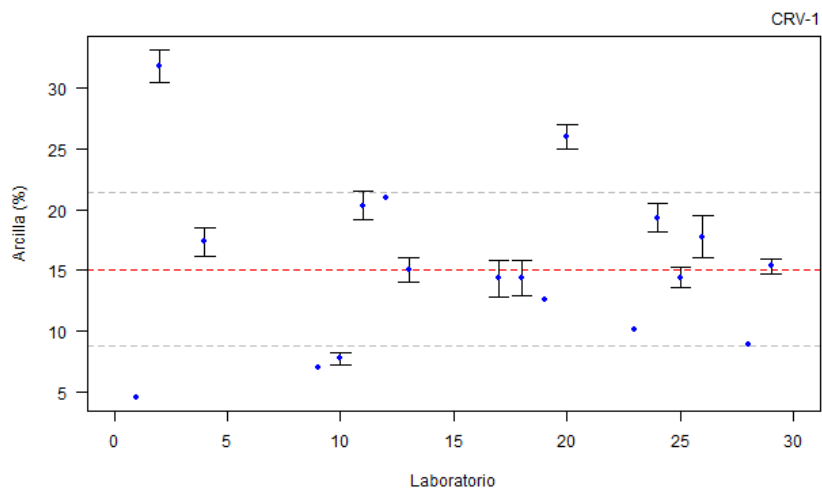


Figura 6.3.1. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de arcilla de la muestra CRV-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

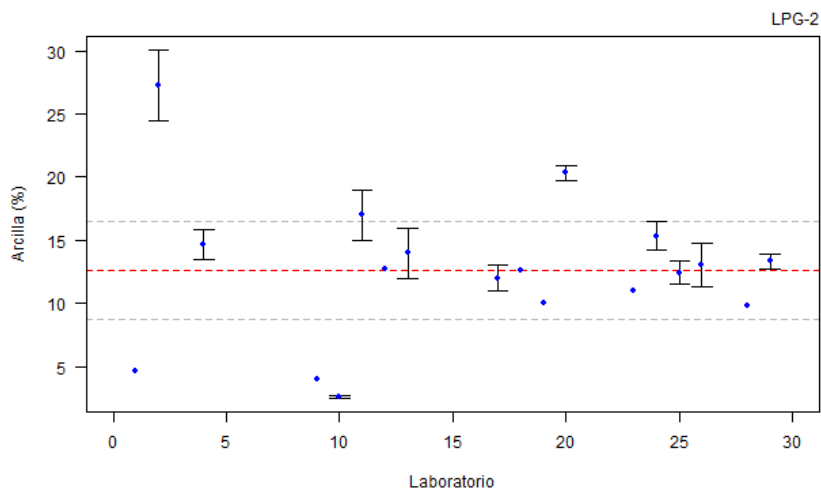


Figura 6.3.2. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de arcilla de la muestra LPG-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

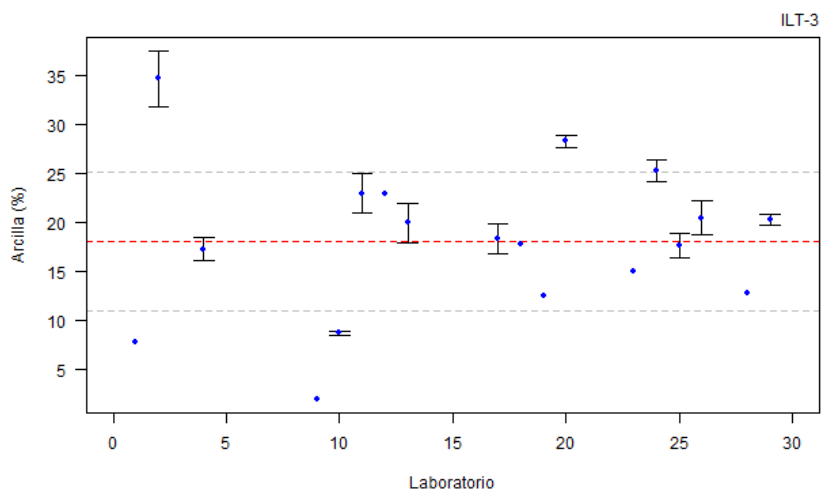


Figura 6.3.3. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de arcilla de la muestra ILT-3. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 6.6. Media y desviación estándar de arcilla (%) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	4,60 ± 0,00	4,60 ± 0,00*	7,80 ± 0,00
2	31,77 ± 1,32*	27,23 ± 2,83**	34,73 ± 2,83*
3			
4	17,33 ± 1,15	14,67 ± 1,15	17,33 ± 1,15
5			
6			
7			
8			
9	7,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00*	2,00 ± 0,00*
10	7,77 ± 0,47	2,60 ± 0,10*	8,77 ± 0,21
11	20,33 ± 1,15	17,00 ± 2,00	23,00 ± 2,00
12	20,90 ± 0,00	12,70 ± 0,00	22,90 ± 0,00
13	15,00 ± 1,00	14,00 ± 2,00	20,00 ± 2,00
14			
15			
16			
17	14,33 ± 1,53	12,00 ± 1,00	18,33 ± 1,53
18	14,35 ± 1,46	12,64 ± 0,00	17,83 ± 0,01
19	12,58 ± 0,00	10,07 ± 0,00	12,56 ± 0,00
20	26,00 ± 1,00	20,33 ± 0,58*	28,33 ± 0,58
21			
22			
23	10,14 ± 0,00	10,95 ± 0,00	15,02 ± 0,00
24	19,33 ± 1,15	15,33 ± 1,15	25,33 ± 1,15
25	14,43 ± 0,85	12,43 ± 0,92	17,67 ± 1,27
26	17,76 ± 1,71	13,04 ± 1,73	20,51 ± 1,72
27			
28	8,95 ± 0,00	9,86 ± 0,00	12,85 ± 0,00
29	15,33 ± 0,58	13,33 ± 0,58	20,33 ± 0,58
Media	15,50	12,65	18,13
D.E.	6,60	5,64	7,52
C.V.	0,43	0,45	0,41
Aceptado	15,09 ± 6,26	12,58 ± 3,85	18,10 ± 7,11
C.V.	0,41	0,31	0,39

Cuadro 6.7. Z-scores del arcilla (%), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	CRV-1	LPG-2	ILT-3
1	-1.68	-2.07	-1.45
2	2.67	3.80	2.34
3			
4	0.36	0.54	-0.11
5			
6			
7			
8			
9	-1.29	-2.23	-2.27
10	-1.17	-2.59	-1.31
11	0.84	1.15	0.69
12	0.93	0.03	0.68
13	-0.01	0.37	0.27
14			
15			
16			
17	-0.12	-0.15	0.03
18	-0.12	0.01	-0.04
19	-0.40	-0.65	-0.78
20	1.74	2.01	1.44
21			
22			
23	-0.79	-0.42	-0.43
24	0.68	0.71	1.02
25	-0.10	-0.04	-0.06
26	0.43	0.12	0.34
27			
28	-0.98	-0.71	-0.74
29	0.04	0.19	0.31

Capítulo 7

Física – 2022

Anteriormente se identificaron los supuestos fundamentales a considerar para realizar análisis físicos de suelo, específicamente el procedimiento para evaluar textura. En relación a esto, tanto la dispersión química como la mecánica tienen como objetivo principal desagregar completamente los agregados del suelo. Por lo tanto, **una mayor proporción de arcilla dispersada (fracción coloidal)** se interpreta como un indicador de una adecuada aplicación de la metodología. Esta fracción se mide directamente con el hidrómetro, específicamente a las 2 horas de sedimentación en el cilindro. La correcta determinación de esta lectura es fundamental, ya que **las fracciones de limo y arena se calculan por diferencia**. No obstante, una mala lectura con el hidrómetro puede provocar errores significativos en la interpretación de resultados.

En función de los resultados evaluados se puede indicar que en este ejercicio participaron 11 laboratorios, y se evaluó su desempeño en la determinación de arena, limo y arcilla, para dos muestras diferentes. También se evaluó el desempeño en la determinación de densidad aparente (método del cilindro). Con respecto a la primera metodología (textura), se observó que para las muestras FS-2022-1 y FS-2022-2, la variabilidad fue de aproximadamente un 50 % y un 30 % respectivamente, para arena y limo. Para el caso de arcilla, las muestras FS-2022-1 y FS-2022-2, presentaron una variabilidad de aproximadamente un 90 % y un 40 % respectivamente. Se identifican problemas metodológicos de base que pueden estar asociados a los supuestos mencionados anteriormente.

En la determinación de densidad aparente, por el método del cilindro, se puede indicar que el valor medio y el valor aceptado son bastante cercano, y la variabilidad de los resultados se encuentra en rangos aceptados.



7.1 Arena

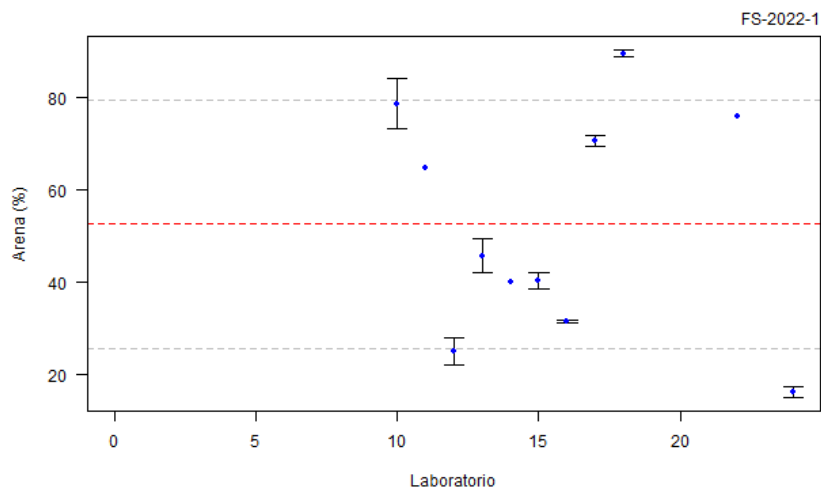


Figura 7.1.1. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de arena de la muestra FS-2022-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

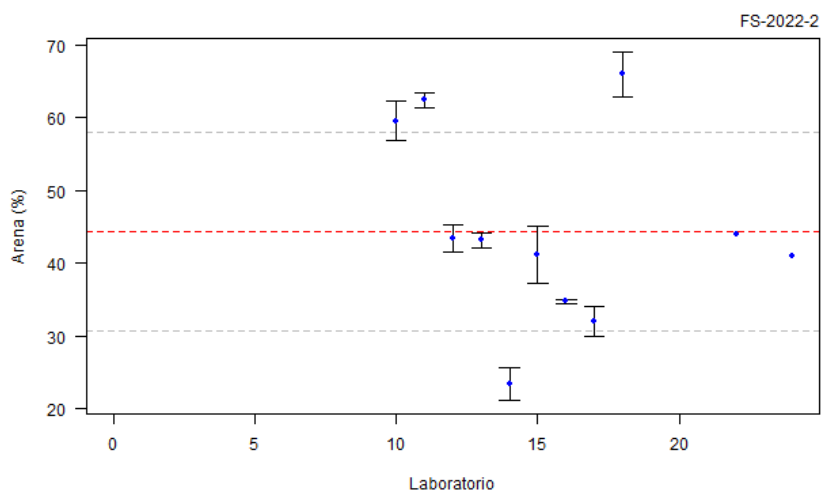


Figura 7.1.2. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de arena de la muestra FS-2022-G-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 7.1. Media y desviación estándar de arena (%) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	FS-2022-1	FS-2022-2
10	78,63 ± 5,50	59,47 ± 2,70
11	64,60 ± 0,00	62,37 ± 1,10
12	25,13 ± 2,86	43,43 ± 1,82
13	45,80 ± 3,70	43,13 ± 1,03
14	40,00 ± 0,00	23,40 ± 2,20
15	40,33 ± 1,85	41,17 ± 3,93
16	31,60 ± 0,35	34,73 ± 0,29
17	70,67 ± 1,15	32,00 ± 2,00
18	89,50 ± 0,78	65,93 ± 3,06
21		
22	76,00 ± 0,00	44,00 ± 0,00
24	16,33 ± 1,15	41,00 ± 0,00
Media	52,60	44,60
D.E.	23,64	12,83
C.V.	0,45	0,29
Aceptado	52,60 ± 26,81	44,36 ± 13,58
C.V.	0,51	0,31

Cuadro 7.2. Z-scores del arena (%), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	FS-2022-1	FS-2022-2
10	0.97	1.11
11	0.45	1.33
12	-1.02	-0.07
13	-0.25	-0.09
14	-0.47	-1.54
15	-0.46	-0.24
16	-0.78	-0.71
17	0.67	-0.91
18	1.38	1.59
21		
22	0.87	-0.03
24	-1.35	-0.25



7.2 Limo

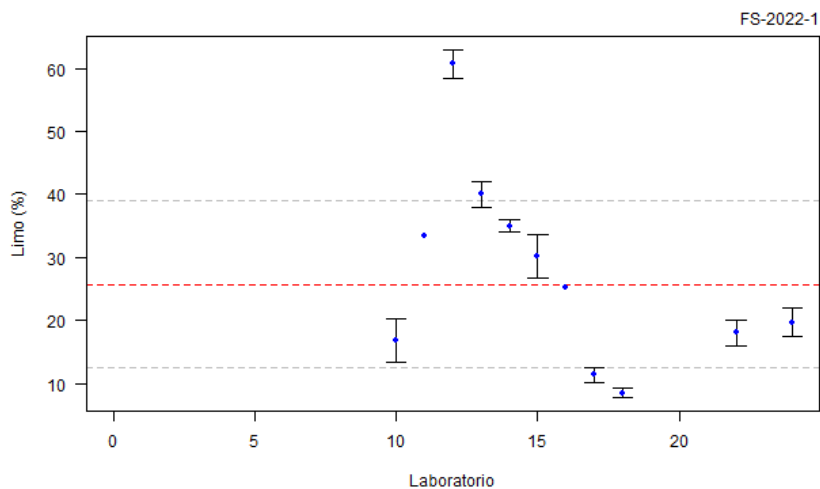


Figura 7.2.1. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de limo de la muestra FS-2022-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

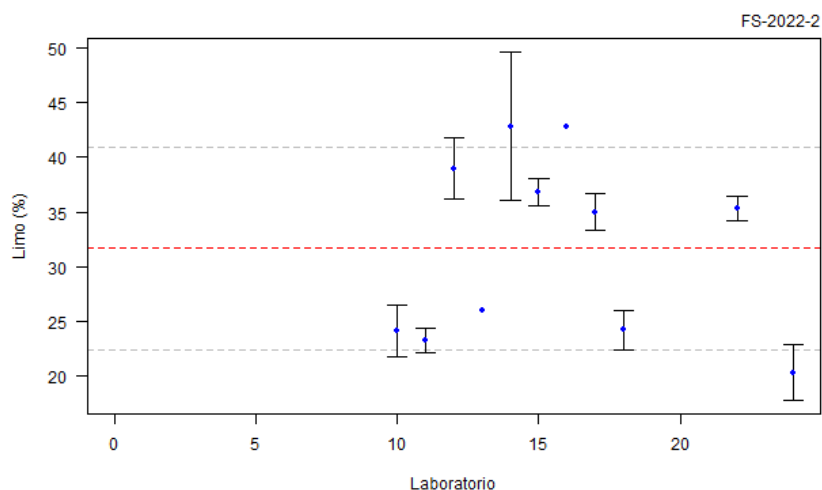


Figura 7.2.2. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de limo de la muestra FS-2022-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 7.3. Media y desviación estándar de limo (%) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	FS-2022-1	FS-2022-2
10	16,73 ± 3,42	24,10 ± 2,35
11	33,50 ± 0,00	23,27 ± 1,15
12	60,67 ± 2,25*	38,93 ± 2,81
13	40,00 ± 2,00	26,00 ± 0,00
14	35,00 ± 1,00	42,80 ± 6,80
15	30,17 ± 3,41	36,83 ± 1,27
16	25,20 ± 0,00	42,80 ± 0,00
17	11,33 ± 1,15	35,00 ± 1,73
18	8,50 ± 0,70	24,20 ± 1,85
21		
22	18,00 ± 2,00	35,33 ± 1,15
24	19,67 ± 2,31	20,33 ± 2,52
Media	27,16	31,78
D.E.	14,62	8,37
C.V.	0,54	0,26
Aceptado	25,74 ± 13,22	31,66 ± 9,21
C.V.	0,51	0,29

Cuadro 7.4. Z-scores del limo (%), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	FS-2022-1	FS-2022-2
10	-0.68	-0.82
11	0.59	-0.91
12	2.64	0.79
13	1.08	-0.61
14	0.70	1.21
15	0.34	0.56
16	-0.04	1.21
17	-1.09	0.36
18	-1.30	-0.81
21		
22	-0.59	0.40
24	-0.46	-1.23





7.3 Arcilla

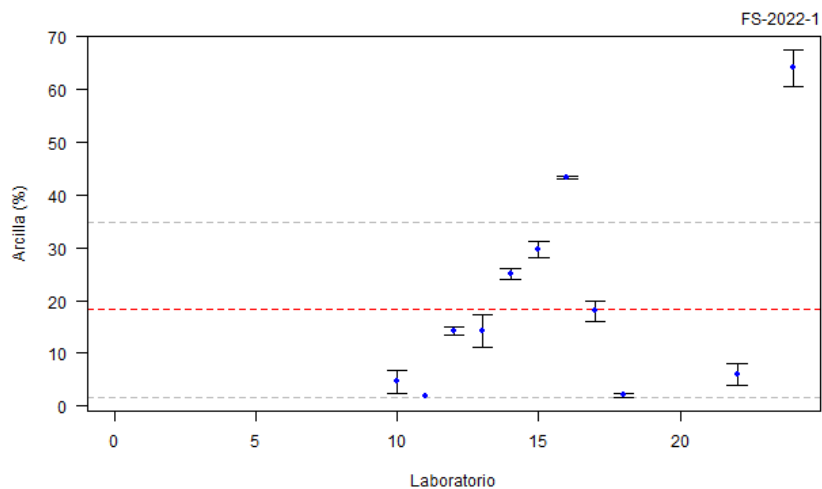


Figura 7.3.1. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de arcilla de la muestra FS-2022-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

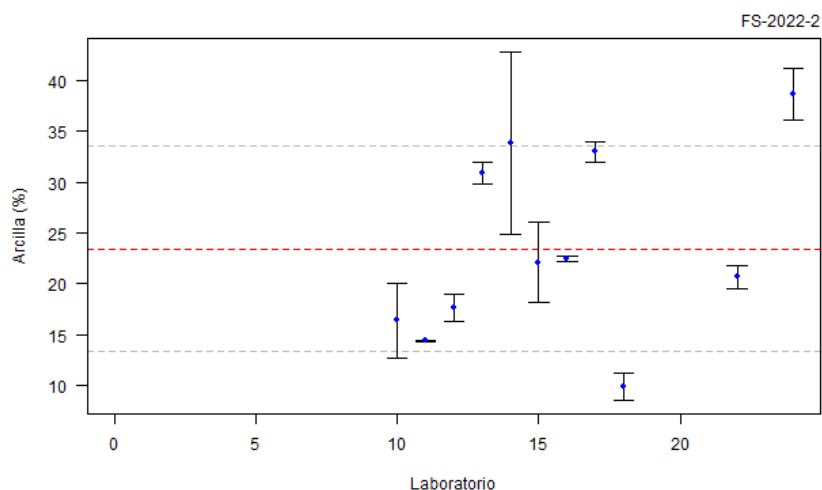


Figura 7.3.2. Valores reportados por cada laboratorio para el contenido de arcilla de la muestra FS-2022-2. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 7.5. Media y desviación estándar de arcilla (%) para cada muestra analizada en la ronda.

LAB.	FS-2022-1	FS-2022-2
10	4,63 ± 2,19	16,40 ± 3,67
11	1,90 ± 0,00	14,37 ± 0,06
12	14,20 ± 0,69	17,63 ± 1,36
13	14,20 ± 3,12	30,87 ± 1,03
14	25,00 ± 1,00	33,80 ± 9,00
15	29,60 ± 1,56	22,10 ± 3,93
16	43,27 ± 0,29	22,47 ± 0,29
17	18,00 ± 2,00	33,00 ± 1,00
18	2,00 ± 0,35	9,87 ± 1,33
21		
22	6,00 ± 2,00	20,67 ± 1,15
24	64,00 ± 3,46*	38,67 ± 2,52
Media	20,25	23,62
D.E.	18,81	9,33
C.V.	0,93	0,39
Aceptado	18,27 ± 16,60	23,41 ± 10,12
C.V.	0,91	0,43

Cuadro 7.6. Z-scores del arcilla (%), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	FS-2022-1	FS-2022-2
10	-0.82	-0.69
11	-0.99	-0.89
12	-0.24	-0.57
13	-0.24	0.74
14	0.41	1.03
15	0.68	-0.13
16	1.51	-0.09
17	-0.02	0.95
18	-0.98	-1.34
21		
22	-0.74	-0.27
24	2.75	1.51





7.4 Densidad aparente

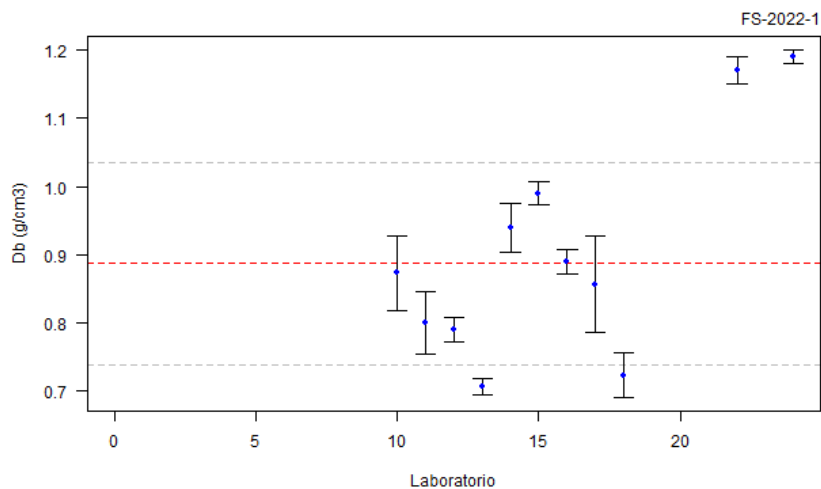


Figura 7.4.1. Valores reportados por cada laboratorio para la densidad aparente en la muestra FS-2022-1. Las líneas segmentadas representan la media (rojo) y la desviación estándar (gris).

Cuadro 7.7. Media y desviación estándar para densidad aparente (g/cm^3) para la muestra analizada en la ronda.

LAB.	FS-2022-1
10	$0,87 \pm 0,06$
11	$0,80 \pm 0,05$
12	$0,79 \pm 0,02$
13	$0,71 \pm 0,01$
14	$0,94 \pm 0,04$
15	$0,99 \pm 0,02$
16	$0,89 \pm 0,02$
17	$0,86 \pm 0,07$
18	$0,72 \pm 0,03$
21	
22	$1,17 \pm 0,02$
24	$1,19 \pm 0,01^*$
Media	0,90
D.E.	0,16
C.V.	0,18
Aceptado	$0,89 \pm 0,15$
C.V.	0,17

Cuadro 7.8. Z-scores para densidad aparente (g/cm^3), calculados utilizando el valor aceptado y su desviación estándar, para cada laboratorio y muestra.

LAB.	FS-2022-1
10	-0.09
11	-0.58
12	-0.65
13	-1.21
14	0.36
15	0.69
16	0.02
17	-0.20
18	-1.10
21	
22	1.90
24	2.03

Capítulo 8

Ideas finales

Este ejercicio reafirma el valor de las rondas interlaboratorios como herramienta fundamental para evaluar y mejorar la calidad analítica. Detectar errores sistemáticos, ajustar metodologías y fortalecer la consistencia y reproducibilidad de los resultados entre laboratorios es clave para asegurar que la información generada sea confiable y útil, especialmente en procesos vinculados a la gestión sostenible del recurso suelo, lo que se adhiere a los lineamientos de GLO-SOLAN donde indican que la cantidad y la calidad de los datos de suelo son fundamentales, para lo que la información de suelo también debe ser armonizada y consistente a nivel global para tener impacto.

Se recomienda a los laboratorios con desviaciones significativas revisar cuidadosamente sus procedimientos de extracción y calibración, siguiendo referencias como **Sadzawka et al. (2006)** y **Sandoval et al. (2012)** para la mayoría de los analitos revisados en esta ronda. Asimismo, se reconoce el desempeño destacado de algunos laboratorios, cuyos resultados se ubicaron muy cerca del valor aceptado, con baja dispersión, sirviendo como modelo de buenas prácticas para nuestra red y, bajo el espíritu de colaboración que buscamos desarrollar, invitamos a estos laboratorios a actuar como anfitriones para otros laboratorios que necesitan mejorar sus resultados.

Sin duda, este es el comienzo para que **RENALASCH** pueda continuar colaborando en el procesamiento y calidad de la información referida al recurso suelo. Estas iniciativas darán paso a nuevas acciones que, junto a su colaboración, destacarán la importancia de fomentar nuestro crecimiento.

Dentro de nuestras recomendaciones, es importante abordar los problemas detectados mediante una capacitación enfocada en los puntos críticos de aquellas metodologías que presentan problemas. Este es el caso del análisis de microelementos (Cobre, Manganese, Hierro y Cinc disponibles), donde el método de

extracción por DTPA carece de criterios y definiciones más específicas, tal como se advierte en la edición de 1990 en la que se describe este método (Sadzawka, 1990). Esta falta de precisión conlleva a desviaciones muy altas en los resultados para algunos laboratorios, lo que compromete la reproducibilidad del método a nivel nacional.

Se sugiere, por ejemplo, comenzar a explorar el Procedimiento Operativo Estándar (POE) publicado por GLOSOLAN, específicamente el GLOSOLAN-SOP-21, cuya versión en español estará disponible en los próximos meses. En resumen, el método actualmente utilizado para los microelementos requiere una definición más clara de criterios y condiciones para mejorar la validez de los resultados.

Una situación similar se observa en el caso del Boro, en el que las condiciones actuales inciden en los elevados coeficientes de variación registrados. Por ello, se recomienda revisar el POE GLOSOLAN-SOP-24, que ha sido actualizado recientemente.

El caso más crítico corresponde al Aluminio extraíble, donde se han observado desviaciones y coeficientes de variación muy altos, lo que evidencia la necesidad urgente de adoptar medidas para mejorar la validez de estos resultados. En este sentido, se recomienda conformar un grupo de trabajo que aborde esta metodología, así como las anteriormente mencionadas.

Por último, es importante llamar la atención sobre los resultados de las pruebas asociadas a la determinación de carbono orgánico. La cuantificación de esta variable, clave en la evaluación de la calidad del suelo, es fundamental no solo para el desarrollo agrícola, sino también para la conservación y protección del recurso a nivel nacional.

Los coeficientes de variación observados para la determinación por calcinación fueron muy altos (>50 %), lo que evidencia la urgencia de revisar esta metodología y los supuestos que conlleva. Asimismo, resulta sorprendente la alta variabilidad observada en los resultados obtenidos mediante el método de Dumas, a pesar de tratarse de una técnica instrumental que de alta precisión. Este potencial no estaría siendo alcanzado por los laboratorios participantes.

Llama la atención, por ejemplo, que un laboratorio haya reportado un contenido de 10 g/kg para una muestra al determinar el carbono mediante el método de Dumas, mientras que, para esa misma muestra, reportó solo 4 g/kg utilizando el método de Walkley & Black.

Este último método, históricamente considerado como una técnica aproximativa y de menor precisión para la determinación del carbono orgánico, presentó en esta ronda el coeficiente de variación más bajo entre los métodos analizados, alcanzando un valor razonable y dentro del rango previsto según lo indicado en la publicación original.

Finalmente, se alienta a la comunidad a considerar la implementación de un sistema de apoyo entre los laboratorios de la red, con el fin de fortalecer el desempeño de aquellos que presenten dificultades metodológicas.

Este boletín fue financiado por medio de la contribución de los laboratorios participantes.



Red Nacional
de Laboratorios
de Suelos de Chile
RENALASCH

REPORTE / N°001

RENALASCH

