

ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRE Y DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD PARA ACIDEZ TITULABLE EN LECHE CRUDA USANDO R

G. Morales

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Regional Nariño. Centro Internacional de Producción Limpia Lope. SENNOVA. Laboratorio de Análisis Físicoquímico y Microbiológico.
Calle 22 No. 11e-05. Vía Oriente. Pasto, Nariño
ogmorales@sena.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-3596-0373>

Noviembre de 2024

Introducción

La producción de leche cruda bovina en Colombia representa un volumen anual promedio de 3.30 GL y un valor de \$ 4.10 billones COP (~ \$ 1 billón USD).

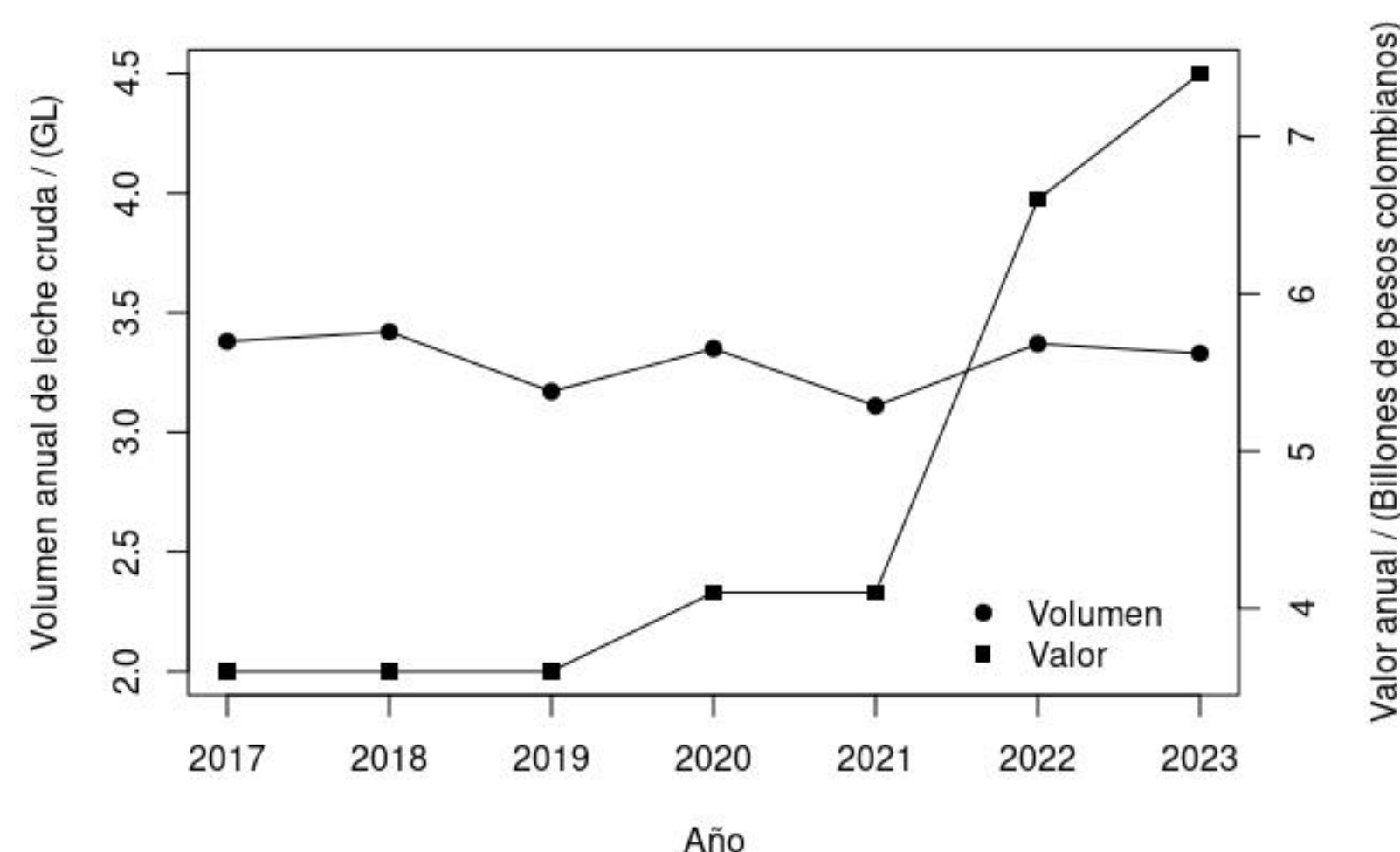


Figura 1. Volumen y valor anual de la producción de leche cruda bovina en Colombia.

La resolución 616 de 2006 del Ministerio de la Protección Social reglamenta los requisitos físicoquímicos y microbiológicos para la leche cruda.

Los Organismos de Evaluación de Conformidad – OEC, tienen una gran responsabilidad en la ejecución de procedimientos validados o verificados para realizar mediciones y también en la declaración de la conformidad de los resultados de las mediciones.

Metodología

1

- Simulación para la verificación del método: *Determinación de acidez titulable en leche cruda.*
- Método de referencia NTC 4978:2001

2

- Estimación de incertidumbre de los resultados de medición.
- Guía Eurachem/CITAC. GUM, Kragten y Monte Carlo. metRology.

3

- Declaración de conformidad.
- Regla de decisión binaria simple, sin zona de seguridad ($w=0$)



Escanear el código QR para acceder a los archivos .R de soporte.

https://github.com/MBGabriel/METROCOL_2024

Referencias

Ellison, S. L. R. (2018). metRology: Support for Metrological Applications. R package version 0.9-23.

Gross, J. (2012). nortest: Tests for Normality. R package version 1.0-4

R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Agradecimientos:



Resultados y discusión

1. Verificación el método

Veracidad

Recuperación: 98.066 %; sd: 0.3904 %; $F = 1.01972$; $u_F = 0.00398$

Precisión

Repetibilidad (s_r) = 0.00275 % p/v ; y: 0.15661 % p/v

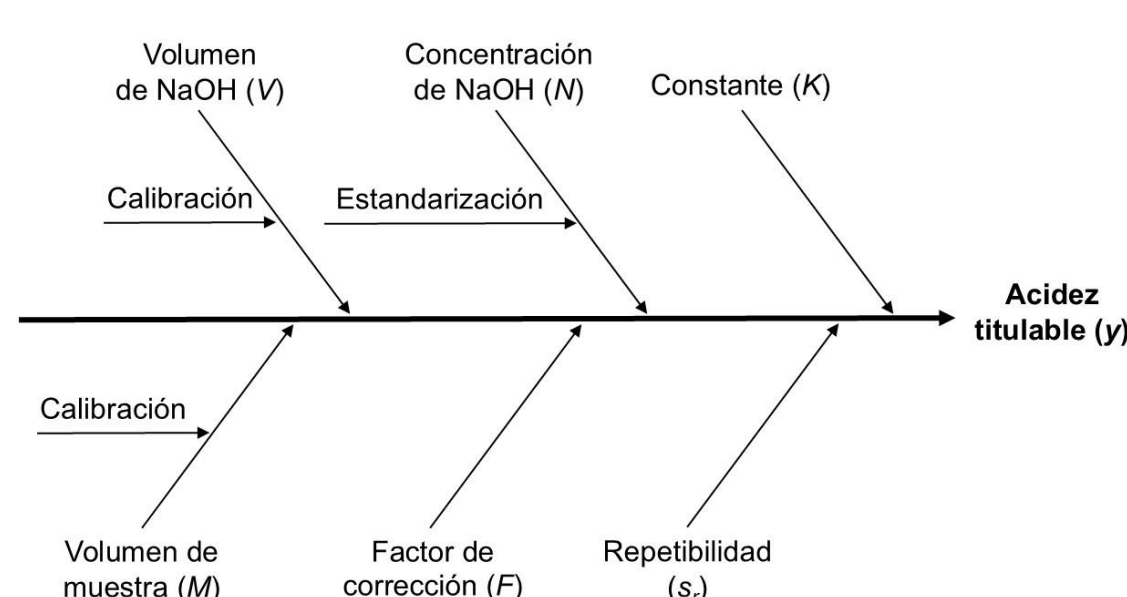
2. Estimación de incertidumbre

Etapla 1. Especificación del mensurando

$$y = \frac{(V \cdot N \cdot K)}{10 \cdot M} \cdot F \quad (1)$$

y : acidez titulable (% p/v)
 V : volumen de NaOH (mL)
 N : concentración del NaOH (N)
 K : 90.078 g/equivalentes
 M : volumen de muestra (mL)
 F : el factor de corrección
10: factor de conversión (mL/L.%)

Etapla 2. Identificación de las fuentes



Etapla 3. Cuantificación de componentes

Comp	x	s	d	u_x
V	1.705	0.010	unif	± 0.00577
N	0.1	0.00015	norm	± 0.00015
K	90.078	0.00390	unif	± 0.00225
M	10	0.02	unif	± 0.01155
F	1.01972	0.00398	norm	± 0.00398
s_r	0.15661	0.00275	norm	± 0.00275

Etapla 4. Cálculo de incertidumbre estándar combinada

Ecuación para magnitudes de entrada no correlacionadas:

$$u_c^2(y) = \sum c_i^2 \cdot u_i^2(y) \quad (2)$$

Se resolvió mediante:

```
#Función en R  
Incertidumbre (Mensurando, x, u, d)
```

Resultados de incertidumbre

Enfoque	y	$u(y)$	$U (k=2)$
GUM	0.15661	± 0.00288	± 0.00576
Kragten	0.15661	± 0.00288	± 0.00576
Monte Carlo	0.15661	± 0.00289	± 0.00579

3. Declaración de conformidad

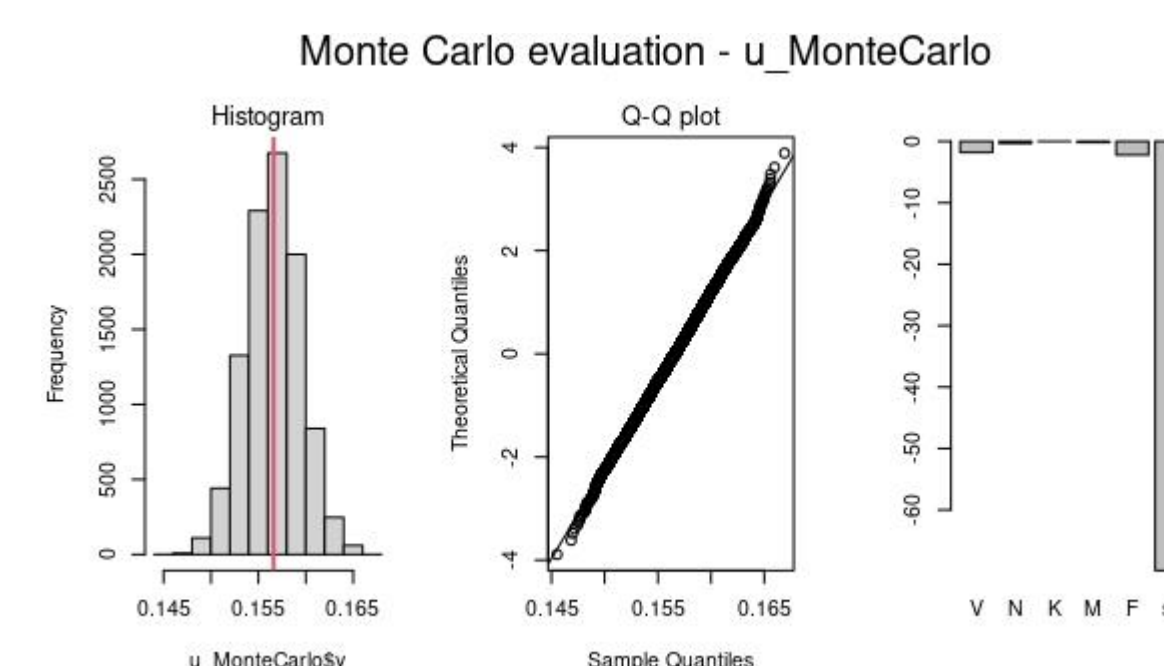
Regla de decisión binaria simple ($w=0$)

$$p_c = \phi\left(\frac{(T_U - y)}{u}\right) - \phi\left(\frac{(T_L - y)}{u}\right)$$

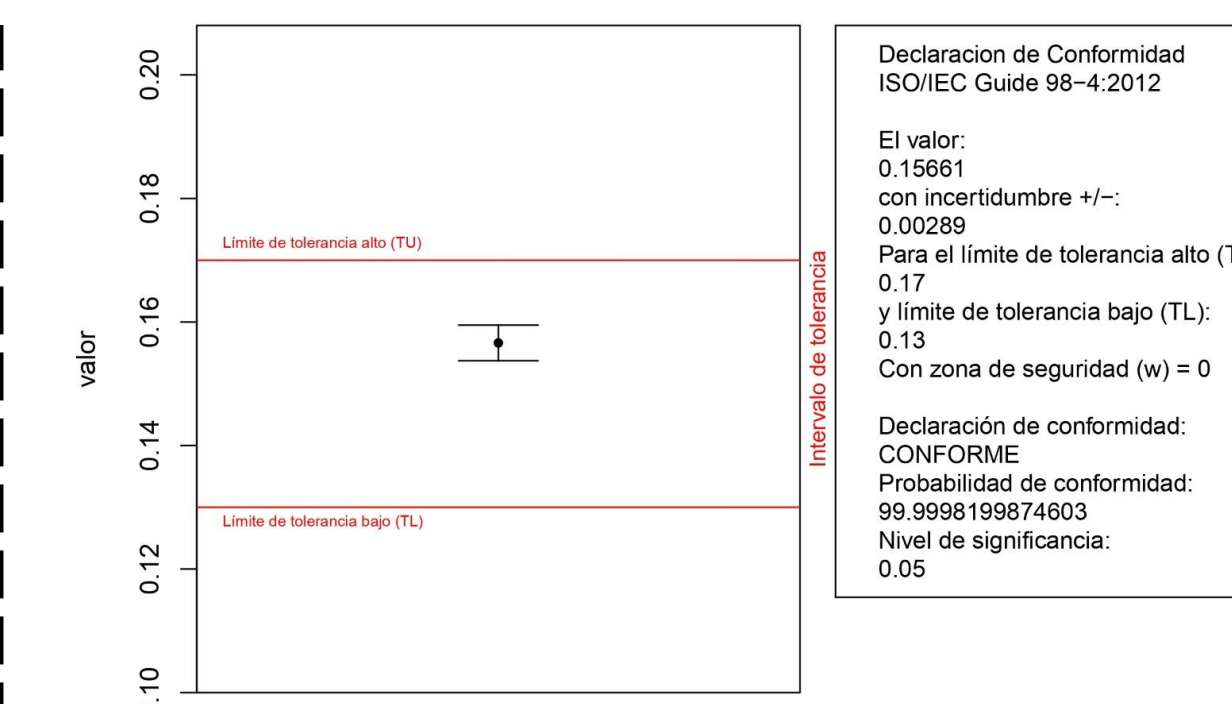
En donde: p_c es la probabilidad de conformidad, ϕ es la función de probabilidad, y es el resultado de medida, u es la incertidumbre estándar combinada, T_U es el límite de tolerancia alto y T_L es el límite de tolerancia bajo.

Se resolvió mediante:

```
#Función en R  
Declaracion(TU, TL, y, u, alfa)
```



- Coef. asimetría de Pearson: -0.050
- Anderson-Darling, p-valor: 0.1185
- Componente con mayor contribución: repetibilidad



Declaración de Conformidad
ISO/IEC Guide 98-4:2012
El valor:
0.15661
con incertidumbre +/-:
0.00289
Para el límite de tolerancia alto (TU):
0.17
y límite de tolerancia bajo (TL):
0.13
Con zona de seguridad ($w=0$)
Declaración de conformidad:
CONFORME
Probabilidad de conformidad:
99.998199874603
Nivel de significancia:
0.05

Conclusiones

- Las funciones desarrolladas en R permiten realizar la estimación de incertidumbre y declaración de conformidad de manera práctica y reproducible. Además, pueden ser aplicables a otros métodos de ensayo.
- Los OEC representan un rol muy importante para la toma de decisiones en la industria, y cuentan con alternativas de software libre para desarrollar sus tareas de estimación de incertidumbre y declaración de conformidad.