

PROTOCOLO PRELIMINAR

Ensayo de Aptitud para la Determinación de Residuos de Plaguicidas en Aguacate Hass (*Persea americana*) 20-INM-EA-05 20-PP-05

Subdirección de Innovación y Servicios Tecnológicos
Subdirección de Metrología Química y Biomedicina

Bogotá D.C.
2020-10-23

Implementado por:

CONTENIDO

	Página.
1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVO DEL ENSAYO DE APTITUD (EA)	4
3. ALCANCE DEL ENSAYO DE APTITUD (EA)	4
3.1. Descripción del Ítem de Ensayo de Aptitud (IEA)	6
4. REQUISITOS DE PARTICIPACIÓN	7
5. ORGANIZACIÓN	8
5.1. Inscripción y confirmación de la inscripción	8
5.2. Cronograma de inscripción del Ensayo de Aptitud	8
5.3. Condiciones de prestación del servicio	8
5.4. Organizador del Ensayo de Aptitud	9
5.5. Descripción general del ensayo de aptitud	9
5.6. Actividades apoyadas por el proyecto ColombiaMide	11
6. COMPROMISOS DE CONFIDENCIALIDAD	11
7. REFERENCIAS	12

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto ColombiaMide “Calidad para la competitividad- Reduciendo las brechas de calidad en Micro, Pequeñas y Medianas Empresas MIPYME” es parte del apoyo complementario implementado entre la Unión Europea y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en Colombia. ColombiaMide está orientado a mejorar las capacidades metrológicas y de calidad de MIPYME de dos cadenas de valor. El proyecto se encuentra en ejecución desde mayo 2019 por el Instituto Alemán de Metrología (Physikalisch-Technische Bundesanstalt – PTB por su nombre en alemán), con el apoyo del Instituto Nacional de Metrología (INM) e ICONTEC como beneficiarios del proyecto.

Las líneas de acción previstas para ejecutar en ColombiaMide son:

- *Línea de acción 1:* identificación de las necesidades de calidad focalizadas en metrología en dos cadenas de valor en dos regiones priorizadas
- *Línea de acción 2:* transferencia de buenas prácticas para los usos de estándares y medición para MIPYME en las regiones priorizadas
- *Línea de acción 3:* desarrollo y mejora de las capacidades técnicas de entidades públicas y privadas para la calibración y ensayo que ofrece capacidad instalada en las regiones priorizadas
- *Línea de acción 4:* apoyar el desarrollo y fortalecimiento de la capacidad metrológica del INM basados en la priorización de necesidades de las regiones y las cadenas de valor
- *Línea de acción 5:* promover el diálogo para lograr la integración de la calidad en las políticas regionales de desarrollo

Por otro lado, el aguacate Hass (*Persea americana*) es una de las cadenas productivas priorizadas por el Programa Colombia Productiva del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (Mincomercio) de Colombia. La importancia económica de este sector radica en las ventajas competitivas que se tienen en el país; dada la disponibilidad de zonas con condiciones óptimas para contar con una producción durante los 12 meses del año, lo que a su vez se ha visto representado por un incremento exponencial en las exportaciones y la incursión en nuevos mercados; por ejemplo, en la Unión Europea, Estados Unidos y recientemente, en Japón.

Sin embargo, para asegurar el éxito comercial del cultivo de aguacate se hace necesario un adecuado manejo fitosanitario, el cual puede implicar el uso de plaguicidas. Por tanto, el monitoreo de estos en el producto final, resulta importante para cumplir con los requisitos de inocuidad alimentaria en términos de residuos máximos de plaguicidas. Consecuentemente, los niveles máximos de residuos de plaguicidas para aguacate han sido establecidos por la Comisión Codex Alimentarius de la Organización de Alimentos y Agricultura (FAO) de las Naciones Unidas, la Unión Europea y en general los diferentes países de destino.

En este sentido, el incremento en las exportaciones del fruto implica avanzar en el desarrollo de mediciones que permitan cumplir con los límites máximos de residuos de plaguicidas exigidos por los países de destino. Es por ello, que a través del proyecto ColombiaMide, se busca mejorar las competencias técnicas y metrológicas de entidades públicas y privadas (Mipymes), con el propósito de incrementar el nivel de cumplimiento de estándares y regulaciones técnicas asociadas al comercio sostenible.

De esta manera, el Ensayo de Aptitud para la Determinación de Residuos de Plaguicidas en Aguacate Hass (*Persea americana*), se plantea como una actividad que buscará contribuir con el proceso de fortalecimiento de capacidades técnicas y metrológicas de laboratorios de

calibración y ensayo que ofrecen servicios a las cadenas priorizadas en el marco del proyecto ColombiaMide, previsto en la línea de acción 3, siendo la cadena productiva de aguacate Hass una de ellas.

Por su parte, el Instituto Nacional de Metrología (INM) tiene como objetivo la coordinación de la metrología científica e industrial y la ejecución de actividades que permitan la innovación y soporten el desarrollo económico, científico y tecnológico del país. Dentro de este marco de actividades y con el fin de atender las necesidades de los laboratorios que prestan el servicio de ensayos, organizó con apoyo del PTB, un ensayo de aptitud para la determinación de plaguicidas en aguacate Hass (*Persea americana*).

Este documento atiende los requisitos establecidos en la norma NTC-ISO/IEC 17043:2010 y la NTC-ISO/IEC 13528:2017.

2. OBJETIVO DEL ENSAYO DE APTITUD (EA)

Evaluar el desempeño de los laboratorios de ensayo participantes en la medición de residuos de plaguicidas en aguacate Hass (*Persea americana*). Adicionalmente, los participantes podrán identificar posibilidades de mejora en sus actividades de medición.

3. ALCANCE DEL ENSAYO DE APTITUD (EA)

Este ensayo de aptitud fue diseñado para laboratorios que realicen mediciones de residuos de plaguicidas en alimentos, con alto contenido de grasa como es el aguacate Hass, para los analitos e intervalos de concentración mostrados en la Tabla 1, que se encuentren en el alcance del laboratorio participante.

Tabla 1. Analitos e intervalos de concentración del ensayo de aptitud

No.	Analito	Número CAS	Intervalo de concentración
1	Abamectin	71751-41-2	1 µg/kg – 50 µg/kg
2	Acetamiprid	135410-20-7	1 µg/kg - 50 µg/kg
3	Alachlor	15972-60-8	1 µg/kg – 50 µg/kg
4	Azoxystrobin	131860-33-8	1 µg/kg – 50 µg/kg
5	Benalaxyl	71626-11-4	10 µg/kg – 150 µg/kg
6	β-Endosulfan	33213-65-9	1 µg/kg – 50 µg/kg
7	Bifenthrin	82657-04-3	1 µg/kg – 50 µg/kg
8	Chlorothalonil	1897-45-6	1 µg/kg – 50 µg/kg
9	Chlorpyrifos	2921-88-2	1 µg/kg - 50 µg/kg
10	Chlordane	12789-03-6	1 µg/kg – 50 µg/kg

11	4,4'-DDE	72-55-9	1 µg/kg - 50 µg/kg
12	Deltamethrin (<i>cis</i> -deltamethrin)	52918-63-5	1 µg/kg – 50 µg/kg
13	Difenoconazole	119446-68-3	300 µg/kg - 900 µg/kg
14	Dimethoate	60-51-5	1 µg/kg – 50 µg/kg
15	Dimethomorph	110488-70-5	1 µg/kg – 50 µg/kg
16	Fipronil	120068-37-3	10 µg/kg – 200 µg/kg
17	Flutriafol	76674-21-0	1 µg/kg – 50 µg/kg
18	Lambda-Cyhalothrin	91465-08-6	1 µg/kg – 50 µg/kg
19	Malathion	121-75-5	1 µg/kg - 100 µg/kg
20	Metalaxyl	57837-19-1	1 µg/kg - 50 µg/kg
21	Methamidophos	10265-92-6	1 µg/kg – 50 µg/kg
22	Monocrotophos	6923-22-4	1 µg/kg – 50 µg/kg
23	Parathion-methyl	298-00-0	1 µg/kg – 50 µg/kg
24	Permethrin	52645-53-1	10 µg/kg – 200 µg/kg
25	Propamocarb	24579-73-5	1 µg/kg – 50 µg/kg
26	Spinosad (Spinosyn A y Spinosyn D)	168316-95-8	1 µg/kg - 100 µg/kg
27	Spirodiclofen	148477-71-8	50 µg/kg – 400 µg/kg
28	Spiromesifen	283594-90-1	1 µg/kg – 100 µg/kg
29	Tebuconazole	107534-96-3	1 µg/kg – 100 µg/kg
30	Thiacloprid	111988-49-9	1 µg/kg – 50 µg/kg
31	Thiamethoxam	153719-23-4	300 µg/kg – 900 µg/kg
32	Trifloxystrobin	141517-21-7	1 µg/kg – 50 µg/kg

El Ítem de Ensayo de Aptitud (IEA) consiste en pulpa de aguacate Hass fortificada, homogenizada y liofilizada con los plaguicidas objetivo del estudio. Los valores asignados al IEA se obtendrán por consenso de laboratorios siempre que esto sea posible. La realización de este ensayo de aptitud está proyectada para un grupo de mínimo 12 participantes por analito.

3.1. Descripción del Ítem de Ensayo de Aptitud (IEA)

Los participantes de este Ensayo de Aptitud recibirán dos botellas:

1. La primera corresponde al ítem de ensayo de aptitud (IEA): aguacate Hass liofilizado fortificado con los plaguicidas mencionados en la Tabla 1.
2. La segunda es una muestra blanco (no fortificada) en la misma presentación que el IEA, que puede ser empleada para evaluar la recuperación del método y/o para la calibración en matriz.

La producción de los IEA se realizó como se describe a continuación:

Preparación del material: el proceso de producción del ítem inicia con la adquisición del aguacate, para ello se seleccionan unidades sanas en estado de madurez entre ruptura y maduro, cada unidad se lava y, una vez seca, se retiran la cáscara y la semilla. Posteriormente, se procesa con el fin de obtener una pulpa físicamente homogénea. A su vez, esta se divide en dos fracciones, la primera que será empleada como blanco (sin fortificar) y, la segunda, se fortifica con una solución que contiene los plaguicidas de interés. Una vez se adiciona la solución de fortificación se homogeniza mecánicamente.

Deshidratación del material: cada una de las fracciones se congela a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ para posteriormente realizar el proceso de liofilización. En la Figura 1 se muestra el material resultante.



Figura 1. Material obtenido tras el proceso de deshidratación

Envasado: los materiales blanco y fortificado una vez liofilizados se muelen y tamizan para asegurar un tamaño de partícula homogéneo menor a 0.5 mm. A continuación, se envasan en frascos de vidrio ámbar con capacidad nominal de 120 mL con un contenido neto de 25 g por unidad. Por último, las unidades se etiquetan, se empaican en bolsas transparentes selladas al vacío y se embalan en bolsas aluminizadas.

Almacenamiento: los ítems de ensayo de aptitud producidos (fortificado y muestra blanco), se almacenan hasta su distribución en condiciones de temperatura inferiores a $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, en las instalaciones del Instituto Nacional de Metrología, donde se realiza seguimiento de las condiciones ambientales.

La homogeneidad y la estabilidad del IEA son evaluadas acorde con las recomendaciones de la norma NTC-ISO/IEC 17043 (numerales 4.4.3.1 y 4.4.3.4) y la guía ISO 35, con lo cual se estiman los aportes a la incertidumbre por estas componentes.

4. REQUISITOS DE PARTICIPACIÓN

Los laboratorios participantes deben:

- a) Contar con un sistema de medición para la determinación de residuos de plaguicidas en alimentos con alto contenido de grasa (p.e. aguacate Hass) incluidos dentro del alcance de este EA.
- b) Contar con procedimientos de medición para la determinación de residuos de plaguicidas en alimentos con alto contenido de grasa y, con personal capacitado en la aplicación de los mismos.
- c) Cumplir con las disposiciones establecidas en este documento.

Para la participación en este ensayo de aptitud, el responsable o encargado de laboratorio interesado debe leer cuidadosamente este protocolo y, si está de acuerdo con todas las condiciones establecidas, debe realizar la inscripción a través de servicios en línea <http://servicios.inm.gov.co/portal/>. Si no está registrado como usuario deberá hacer el correspondiente registro. Una vez esté registrado debe ingresar como usuario y radicar su solicitud.

Para que su solicitud sea estudiada, debe enviar la siguiente documentación:

- a) Compromiso de confidencialidad (Enlace página web: http://www.inm.gov.co/compromisoconfidencialidadparticipantes_plaguicidasaguacate/)
- b) Carta de aceptación de condiciones (Enlace página web: http://www.inm.gov.co/cartadeaceptacindecondiciones_plaguicidasaguacate/)
- c) Formulario de inscripción (Enlace página web: http://www.inm.gov.co/formulariodeinscripcin_plaguicidasaguacate/)
- d) Copia del Registro Único Tributario (RUT)
- e) Indicar cuáles de los analitos listados en la Tabla 1 están en capacidad de medir
- f) Descripción del sistema de medición (procedimiento de extracción y limpieza, instrumentos de medición y materiales de referencia que se empleen)
- g) Enviar copia del procedimiento usado por el laboratorio para la medición y estimación de incertidumbre (requisito no obligatorio)
- h) Enviar la hoja de cálculo elaborada en Excel en la que se determina las estimaciones del valor central del mensurando con su respectiva incertidumbre de medición (requisito no obligatorio)

El participante debe tener en cuenta que la documentación solicitada servirá como soporte para la revisión, las observaciones y las conclusiones finales por parte de los expertos técnicos y no condiciona la participación de los laboratorios en el ensayo de aptitud. Cabe resaltar que todo documento que sea entregado al INM, será tratado con absoluta confidencialidad (ver numeral 6).

Nota: con el objetivo de que el INM pueda realizar recomendaciones en el presupuesto de incertidumbre aplicado por su laboratorio, se establece de forma **opcional** la entrega de la información solicitada (numerales g y h).

5. ORGANIZACIÓN

5.1. Inscripción y confirmación de la inscripción

Para la participación en este Ensayo de Aptitud, los interesados deben leer cuidadosamente este protocolo. Si están en capacidad de participar, deben realizar el proceso de solicitud de inscripción en el portal <http://servicios.inm.gov.co/portal/>. Una vez sea evaluada la documentación, se enviará una comunicación confirmando su inscripción.

Este Ensayo de Aptitud es financiado por el proyecto ColombiaMide, apuesta generada entre la Delegación de la Unión Europea en Colombia y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo; razón por la cual, la participación de los laboratorios de ensayo interesados en el ensayo es gratuito, incluyendo los servicios de envío del ítem de ensayo.

5.2. Cronograma de inscripción del Ensayo de Aptitud

En la Tabla 2, se publica el cronograma para la inscripción en el Ensayo de Aptitud:

Tabla 2: Cronograma para la inscripción del Ensayo de Aptitud

No.	Actividad	Fecha
1	Fecha de publicación del protocolo	2020-10-23
2	Cierre inscripción interesados	2020-12-01
3	Fecha límite para confirmación participantes	2020-12-03
4	Fechas de ejecución de mediciones de los participantes	2020-12-15 a 2021-02-01
5	Fecha envío de informe final	2021-04-23

Nota: las fechas de la tabla 2 serán confirmadas en el protocolo final.

5.3. Condiciones de prestación del servicio

Los laboratorios interesados en participar en el Ensayo de Aptitud, deberán enviar la documentación solicitada, antes de la fecha establecida como “Cierre de inscripción interesados”. Una vez sea evaluada la documentación, los cupos del EA se asignarán, teniendo en cuenta la Capacidad de Medición, el laboratorio, la influencia regional y la estabilidad de medios de medición. Hay un cupo máximo de participación para 40 laboratorios; mínimo 12 laboratorios por analito. La asignación del cupo se informará mediante comunicación escrita.

En caso de tener inquietudes relacionadas con la prestación del servicio, pueden comunicarse vía correo electrónico contacto@inm.gov.co o al celular (+57) 318 813 4901.

5.4. Organizador del Ensayo de Aptitud

Instituto Nacional de Metrología – Subdirección de Innovación y Servicios Tecnológicos
Avenida Carrera 50 No. 26-55, Int 2, CAN, Bogotá D.C.
Correo electrónico: contacto@inm.gov.co, Celular: (+57) 318 813 4901.

Grupo técnico responsable:

Nombre	Cargo	Responsabilidad
Andrea del Pilar Mojica Cortés	Subdirectora de Innovación y Servicios Tecnológicos	Coordinadora gestión administrativa del Ensayo de Aptitud
Diego Alejandro Ahumada Forigua	Subdirector de Metrología Química y Biomedicina	Apoyo en la coordinación en el área técnica del Ensayo de Aptitud
Francisco José Díaz Galiano	Experto Internacional, vinculado al proyecto ColombiaMide	Experto técnico
Andres Sebastian Salinas Trujillo	Contratista SMQB	Experto técnico
Juliana Barrios Guio	Profesional especializado	Apoyo técnico
Antonio García Tarquino	Profesional especializado	Apoyo en gestión
Katherin Holguín Agudelo	Coordinadora del Grupo de Gestión de Ensayos de Aptitud y Red Colombiana de Metrología	Coordinadora gestión técnica del Ensayo de Aptitud
Gustavo Gómez Escobar	Contratista SIST	Experto estadístico
Luis Felipe Santos Becerra	Contratista SIST	Experto estadístico
Rosa Isela Posada Viloría	Contratista SIST	Apoyo administrativo

5.5. Descripción general del ensayo de aptitud

Cada participante llevará a cabo la determinación de los residuos de plaguicidas descritos en el numeral 3, en el intervalo indicado. Las mediciones se realizarán según el cronograma establecido en el protocolo final, el cual será publicado posteriormente al cierre de inscripción de este protocolo preliminar. El laboratorio deberá enviar los resultados obtenidos de su medición, al correo contacto@inm.gov.co a más tardar en la fecha máxima establecida.

El laboratorio participante tendrá un periodo de cuarenta y cinco (45) días calendario para ejecutar el ejercicio según lo establecido en la tabla 2. El esquema de circulación para realizar este Ensayo de aptitud será de forma simultánea. El INM con el apoyo del proyecto ColombiaMide, se encargará de enviar el ítem del ensayo de aptitud (IEA) a los participantes, el cual deberá almacenarse bajo condiciones de temperatura inferiores a 8 °C hasta su uso.

5.5.1. Evaluación de los resultados

Para este ensayo de aptitud se establece que el criterio de evaluación será el puntaje z descrito en el numeral 9.4 de la norma NTC-ISO/IEC 13528:2017. La estimación de la desviación estándar del ensayo de aptitud (σ_{pt}), se realizará de acuerdo a las recomendaciones de la norma NTC ISO 13528:2017, en los numerales 8 y el anexo C.

$$z_i = \frac{X_i - X_{pt}}{\sigma_{pt}} \quad (5-1)$$

Donde:

- x_i Valor de medición reportado por el participante i .
- x_{pt} Es el valor asignado obtenido por consenso de laboratorios¹
- σ_{pt} Desviación estándar del ensayo de aptitud

Con base en el indicador de desempeño del puntaje z dado en la Ecuación (5-1), y de acuerdo con la norma NTC-ISO/IEC 13528:2017, se tiene que el criterio de evaluación será el siguiente:

- Si $|z_i| \leq 2.0$ el resultado se considera “**aceptable**” / **Desempeño Satisfactorio**
- Si $2.0 < |z_i| < 3.0$ el resultado se considera “**cuestionable**”.
- Si $|z_i| \geq 3.0$ el resultado se considera “**inaceptable**” / **Desempeño No satisfactorio**

La fecha de entrega del informe preliminar y del informe final del Ensayo de aptitud, se fijará una vez se tenga el cronograma definitivo, parte del cual será suministrado en el Protocolo Final después de establecidos los participantes en el ensayo de aptitud. Se les recuerda a los participantes que la medición del IEA debe desarrollarse, de la misma manera, en como se realiza la medición de las muestras en rutina.

Adicional, al ejercicio de medición, los laboratorios seleccionados podrán participar en talleres y charlas orientadas a mejorar sus capacidades de medición en plaguicidas. Estas charlas serán realizadas por el equipo del INM y el Experto Senior Internacional, Francisco José Díaz Galiano.

En relación con el transporte de los ítems, el INM será responsable del envío de los IEA. El proceso será comunicado a los participantes, en el protocolo final. Los gastos del transporte serán financiados por el proyecto ColombiaMide.

¹ Siempre que sea posible.

5.6. Actividades apoyadas por el proyecto ColombiaMide

- El PTB realizó la contratación del Experto Senior Internacional, Francisco José Díaz Galiano, quien asesorará al INM en el tratamiento estadístico de los resultados del ensayo de aptitud.

Perfil del experto: Título profesional: Químico, Universidad de Almería. Cuenta con una Maestría en Ciencias (M.Sc) en Química, de la Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Actualmente, se desempeña como Subdirector Técnico de la implementación de la norma ISO/IEC 17043:2010 en el EURL-FV, así como Analista de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas de triple cuadrupolo bajo la norma ISO/IEC 17025 en el grupo de investigación AGR159 de la Universidad.

Nota: técnicamente, el EURL-FV es un proyecto europeo concedido al grupo de investigación AGR159.

Las principales líneas de investigación del experto Francisco, se centran en:

- Aplicación de técnicas de espectrometría de masas objetivo y no-objetivo en el análisis de alimentos y agua. Acoplamiento de cromatografía de líquidos y de cromatografía de gases a espectrometría de masas de triple cuadrupolo y a espectrometría de masas de alta resolución. Avances en metodología de extracción de un amplio rango de matrices alimentarias y medioambientales. Análisis metabolómico no-objetivo de productos alimentarios y aplicación de herramientas estadísticas y quimiométricas a los resultados. Desarrollo y validación de métodos analíticos bajo la norma ISO/IEC 17025. Organización de ensayos de aptitud bajo la norma ISO/IEC 17043.

El PTB igualmente realizó la compra de los insumos y materiales requeridos por el INM, para el desarrollo de los ítems de comparación, los cuales se usarán en el Ensayo de Aptitud.

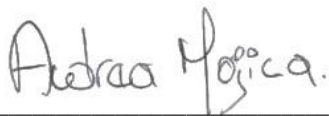
6. COMPROMISOS DE CONFIDENCIALIDAD

Los resultados entregados por los participantes serán recibidos en la Subdirección de Innovación y Servicios Tecnológicos (SIST) del INM. Con el fin de mantener la confidencialidad, se asignará un código numérico a cada participante, en el momento de oficializar la inscripción al ensayo de aptitud, no asociado a dicho participante e, inicialmente, sólo conocido por éste y por el organizador del presente ensayo de aptitud. La comunicación entre laboratorios participantes en el ensayo de aptitud sobre temas concernientes a dicho ensayo estará prohibida hasta después de transcurrido el plazo de envío de resultados al organizador del ensayo de aptitud.

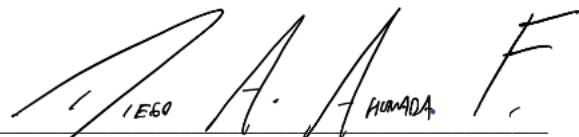
Adicionalmente, en cumplimiento con el numeral 8.5 de la Circular Externa CEA-3.0-04 "Política para la participación en Ensayos de Aptitud (EA) en laboratorios", emitida por el Organismo Nacional de Acreditación – ONAC en febrero de 2019, el Instituto Nacional de Metrología informará a dicho organismo la participación de los laboratorios y el código asignado a cada laboratorio en este ensayo de aptitud.

7. REFERENCIAS

- **NTC-ISO/IEC 17043:2010**, Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para los Ensayos de Aptitud, Bogotá, D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
- **NTC-ISO/IEC 13528:2017**, Métodos estadísticos para utilizar en ensayos de aptitud mediante comparaciones interlaboratorios, Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
- **Codex, A. (2019)**. Codex Pesticides Residues in Food Online Database. Consultado 2020-09-18 en <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/en/>
- **European Parliament and of the Council (2005)**. Regulation (EC) No 396/2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC
- **ISO GUIDE 35:2017**. Reference materials — Guidance for characterization and assessment of homogeneity and stability. International Organization for Standardization (ISO)
- **ISO/IEC 17034:2016**. General requirements for the competence of reference material producers. International Organization for Standardization (ISO)



ANDREA DEL PILAR MOJICA CORTÉS
Subdirector de Innovación y Servicios Tecnológicos



DIEGO ALEJANDRO AHUMADA FORIGUA
Subdirector de Metrología Química y Biomedicina

Elaboró: Andres Sebastian Salinas Trujillo
Juliana Barrios
Katherin Holguin Agudelo

Revisó: Francisco José Díaz Galiano
Antonio García Tarquino

Revisión Proyecto PTB: Alexis Valqui,
Experto Senior Internacional principal proyecto ColombiaMide
Laura López Fonseca,
Coordinadora nacional