



El empleo
es de todos

Mintrabajo

Identificación
y medición de

Brechas de Capital Humano



para el Sector de Laboratorios



José Manuel Restrepo Abondano
Ministro de Industria y Turismo

Edwin Arvey Christancho Pinilla PhD
Director General
Instituto Nacional de Metrología

Érika Bibiana Pedraza Guevara
José Álvaro Bermúdez Aguilar
Asesores de Despacho
Instituto Nacional de Metrología

Rodolfo Manuel Gómez Rodríguez
Secretario General
Instituto Nacional de Metrología

Álvaro Bermúdez Coronel
Subdirector Metrología Física
Instituto Nacional de Metrología

Diego Alejandro Ahumada Forigua
Subdirector Metrología Química y Biomedicina
Instituto Nacional de Metrología

Andrea del Pilar Mojica Cortés
Subdirectora Innovación y Servicios Tecnológicos
Instituto Nacional de Metrología

María Luisa Saldarriaga Morales
Jefe Oficina Asesora de Planeación
Instituto Nacional de Metrología

Angel Custodio Cabrera
Ministro del Trabajo

Andrés Felipe Uribe Medina
Viceministro de Empleo y Pensiones

Martha Liliana Agudelo Valencia
Directora de Generación y Protección del Empleo y Subsidio Familiar

Oscar Fabian Riomaña Trigueros
Subdirector de Análisis, Monitoreo y Prospectiva Laboral

Ruth Marina Colmenares Baena
Equipo técnico

Manuel Isaacs Marroquiín
Diseño y diagramación

BOGOTÁ, D. C. 2020 ISBN XXXXXXXX
República de Colombia Copyright
Ministerio del Trabajo.



Con el apoyo de:



INTRODUCCIÓN	1
1. ANÁLISIS DE DEMANDA LABORAL	2
1.1 CONTEXTO DE LA DEMANDA LABORAL PARA EL SECTOR:	
1.2 ANÁLISIS DE LOS CARGOS DEMANDADOS POR EL SECTOR,	
2 ANÁLISIS DE PROSPECTIVA LABORAL	15
2.1 Contexto de la prospectiva laboral para el sector	
2.2 Descripción de la metodología utilizada,	
2.2.1 Grupos focales	
2.3 Análisis de las tendencias identificadas para el sector	
2.4 Análisis de impactos ocupacionales para el sector en el futuro,	
2.5 Análisis de descriptores para los cargos requeridos a futuro para el sector,	
3 ANÁLISIS DE OFERTA EDUCATIVA	26
3.1 Contexto de la oferta educativa para el sector a nivel regional y nacional:	
3.2 Breve descripción metodológica de este componente:	
3.3 Análisis cuantitativo de cifras de oferta educativa,	
3.3.1 Caracterización de programas de formación	
3.3.2 Análisis de matriculados y egresados	
3.4 Análisis cualitativo de los programas de formación relacionados con el sector,	
4 ANÁLISIS DE BRECHAS DE CAPITAL HUMANO	34
4.1 Contexto de las brechas de capital humano para el sector a nivel regional y nacional	
4.2 Breve descripción de las tipologías de brechas a identificar (cantidad, pertinencia, calidad)	
4.3 Análisis de brechas de cantidad	
4.4 Identificación de déficit de demanda por algunos programas de formación asociados con el sector	
4.5 Análisis de brechas de pertinencia y de calidad	
4.5.1 Brecha de Pertinencia	
4.5.2 Brecha de Calidad	
5 ANÁLISIS DEL SECTOR	47
5.1 Análisis estratégico del entorno:	
5.2 Escenarios	
5.2.1 Escenarios Deseados	
5.2.2 Apuesta de futuro	



Bibliografía	52
Anexos	53

▶ Tabla de Gráficos	Página
----------------------------	---------------

Gráfico 1. Nivel de formación del director de laboratorios de ensayo y calibración en Antioquia. Enero 2020	3
Gráfico 2. Programas de formación de directores de laboratorios de ensayo y calibración Antioquia. Enero 2020	3
Gráfico 3. Nivel de formación del coordinador de laboratorios de ensayo y calibración en Antioquia. Enero 2020	4
Gráfico 4. Nivel de formación del gestor de calidad de laboratorios de ensayo y calibración en Antioquia. Enero 2020	5
Gráfico 5. Nivel de formación del analista de laboratorios de ensayo y calibración en Antioquia. Enero 2020	6
Gráfico 6. Programas de formación de directores de laboratorios de ensayo y calibración Bogotá D.C. Enero 2020	8
Gráfico 7. Programas de formación del coordinador de laboratorios de ensayo y calibración en Bogotá D.C. Enero 2020	8
Gráfico 8. Nivel de formación del director de laboratorios de ensayo y calibración en Valle del Cauca. Enero 2020	11
Gráfico 9. Programas de formación de directores de laboratorios de ensayo y calibración Valle del Cauca. Enero 2020	12
Gráfico 10. Nivel de formación del gestor de calidad de laboratorios de ensayo y calibración en Valle del Cauca. Enero 2020	13

▶ Tabla de Ilustraciones	Página
---------------------------------	---------------

Tabla 1. Matriculados vs graduados programas de interés sector laboratorios por región según SNIES 2020	31
Ilustración 1. Dimensión formativa en la deficiencia de competencias en Metrología, UPB Julio 2018	35
Ilustración 2. Dimensión política en la deficiencia de competencias en Metrología, UPB Julio 2018	36
Ilustración 3. Dimensión de diagnósticos en la deficiencia de competencias en Metrología, UPB Julio 2018	37
Ilustración 4. Dimensión cultural en la deficiencia de competencias en Metrología, UPB Julio 2018	38
Ilustración 5. Dimensión de infraestructura en la deficiencia de competencias en Metrología, UPB Julio 2018	39



► Introducción

Colombia viene realizando esfuerzos con el fin de mejorar las capacidades de medición de los laboratorios, por lo cual se hace necesario fortalecer la institucionalidad para el desarrollo del sector. Debido a esto, se crean el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) y el Instituto Nacional de Metrología (INM) como entidades especializadas en acreditación y metrología, respectivamente. Además, se crearon el Subsistema Nacional de la Calidad (SICAL) y la Comisión Intersectorial de la Calidad como instancias de articulación interinstitucional entre agentes públicos y privados. Sin embargo, dentro de las problemáticas identificadas para el sector se ha encontrado debilidad en las capacidades técnicas en calidad de capital humano, infraestructura y equipamiento, lo que afecta la competitividad de los laboratorios de calibración y ensayo a nivel nacional e internacional, teniendo el campo de la metrología como una de las debilidades principales en el sector de laboratorios.

“La metrología es la ciencia de las mediciones correctas y confiables. La metrología científica consiste en el desarrollo de patrones o métodos primarios; la metrología industrial se enfoca en el mantenimiento y control correcto de los equipos industriales de medición, que incluye la calibración de instrumentos y patrones de trabajo (Sanetra, 2017)”.

A partir de la firma de la Política Nacional de Laboratorios en el mes de enero del año 2019, se establece dentro de la primera línea del plan de acción **“Mejorar las capacidades técnicas de los laboratorios para garantizar la protección del consumidor y la innovación y productividad de las empresas”**, dentro de la cual se define como una de sus prioridades desarrollar capital humano pertinente para desempeñarse en el sector de laboratorios, de tal manera se hace necesario contar con el apoyo del Ministerio de trabajo como diseñador de la metodología y del Instituto Nacional de Metrología como experto en el tema de laboratorios de calibración y ensayo, con el fin de establecer estrategias que permitan

dar cumplimiento al convenio 325 de 2019 en la implementación de la metodología de Identificación y Medición de Brechas de Capital Humano - IMBCH- para el sector.

El presente documento tiene como finalidad mostrar las actividades realizadas para alcanzar lineamientos de política y planes para el cierre de brechas para el sector de laboratorios, para lo cual se expondrá: principales hallazgos en la identificación y medición de brechas de capital humano, mapa estratégico de acción para la generación de políticas y planes para el cierre de brechas en el sector y regiones priorizadas, plan general de cierre de brechas de capital humano, plan específico de cierre de brechas de capital humano por regiones, conclusiones y recomendaciones.



▶ 1. Análisis de Demanda Laboral

1.1. CONTEXTO DE LA DEMANDA LABORAL PARA EL SECTOR:

Los antecedentes de demanda laboral para el sector laboratorios se han limitado a evidenciar la formación del talento humano para desempeñarse en determinado cargo en un laboratorio. Esto puede verse en el estudio de **“EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE DEMANDA METROLÓGICA EN LA INDUSTRIA COLOMBIANA 2011”**, en el que se muestra el nivel de formación según grupos de trabajo, en donde se evidencia que a nivel operativo la formación es en su mayoría empírica para laboratorios privados y de empresas, y Universitario para cargos directivos y administrativos. (Metrología, Instituto Nacional de, 2012). Por lo demás a la fecha de revisión no se demuestran o encuentran estudios al respecto.



1.2. ANÁLISIS DE LOS CARGOS DEMANDADOS POR EL SECTOR

El análisis laboral surge a partir de entrevistas semiestructuradas realizadas a laboratorios de calibración y ensayo en las ciudades de Bogotá, Cali, Medellín.

En Bogotá se realizan un total de 41 entrevistas a laboratorios de las cuales el 69% corresponden a ensayo y el 31% a calibración. En estas se evidencia que la mayoría de laboratorios (especialmente los acreditados en la NORMA ISO 17025 versión 2017), cuentan con líder o jefe de calidad dentro de sus organigramas, por lo demás, la mayoría de laboratorios cuentan con director de laboratorio, coordinador de laboratorio, gestor de calidad, analistas o metrólogos y asistentes de laboratorio.

Para Cali la situación no es diferente. De las 15 entrevistas realizadas, el 40% (n=6) son laboratorios de calibración y el 60% (n=9) son laboratorios de ensayo, además, la estructura organizacional muestra los mismos cargos.

Medellín aporta al estudio 23 entrevistas, de las cuales el 57% (n=13) corresponden a laboratorios de ensayo, y 43% (n=10) a laboratorios de Calibración, mostrando los mismos cargos para el sector.

En general los cargos demandados para el sector de laboratorios son: Director de laboratorio, coordinador de laboratorio, gestor de calidad, analista de laboratorio y asistente o auxiliar de laboratorio. La denominación de cargos no varía ni por tipo de laboratorio, ni por tamaño de la empresa; aumenta el número de funcionarios por cargo en proporción al tamaño de la empresa o del laboratorio.



▶ Antioquia

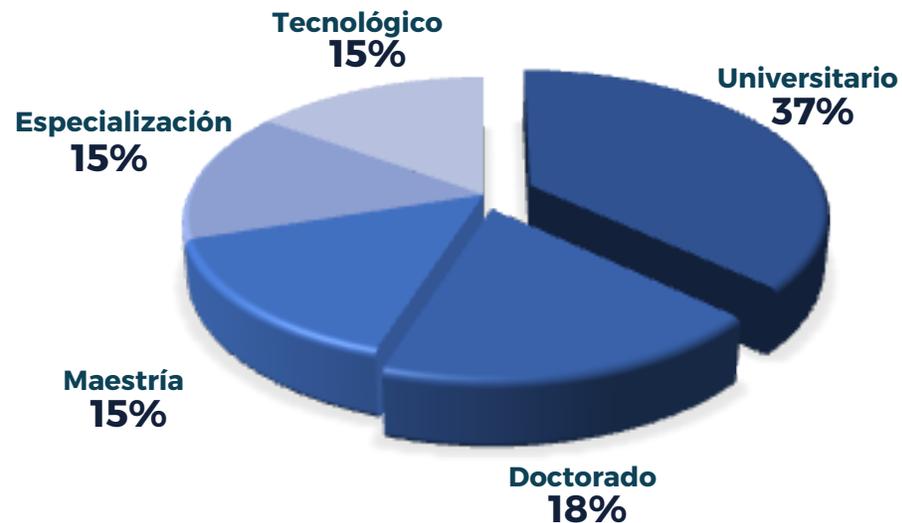


Como cargos críticos por la especificidad del laboratorio y la experiencia que tienen desempeñando el cargo, se pueden identificar a los directores de laboratorio, coordinadores y gestores de calidad.

•Director de laboratorio:

En la región se evidencia que los directores cuentan con formación que va desde doctorado hasta carreras tecnológicas, en donde los universitarios ocupan el 37% (n=10) de los cargos, seguidos por los doctores que representan el 18% (n=5). Es importante señalar que los cargos directivos con doctorado corresponden en su mayoría a directores de laboratorios de ensayo.

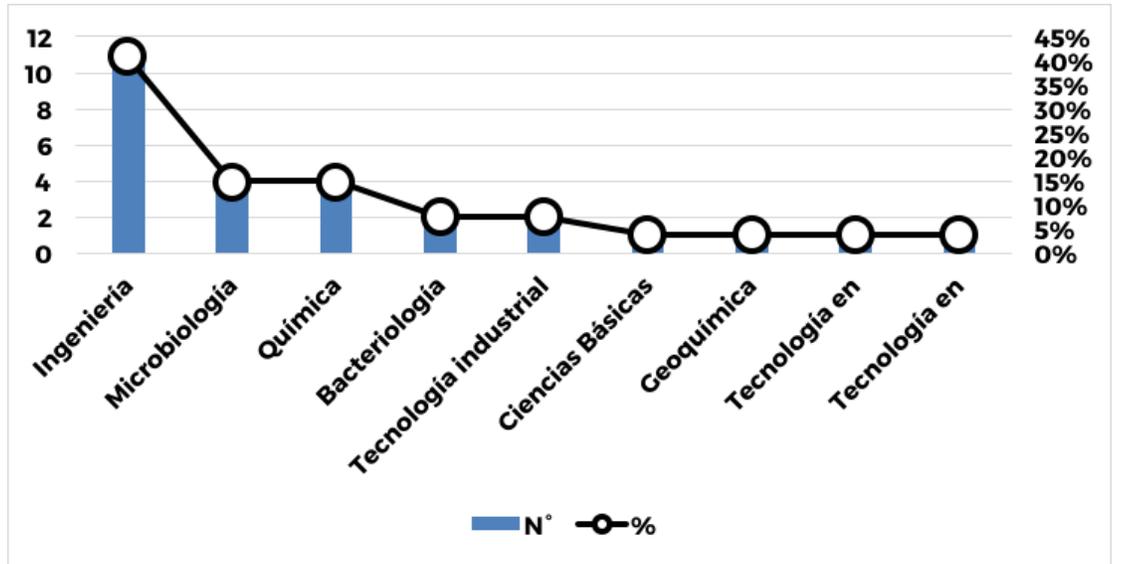
Gráfico 1. Nivel de formación del director de laboratorios de ensayo y calibración en Antioquia. Enero 2020



Fuente: Matriz de entrevistas una a una y cuadro de salida de demanda laboral, Antioquia. Enero 2020

Dentro de los programas de formación requeridos para desempeñarse como directores, se encuentran aquellos que están relacionados con ciencias puras o de la salud como ciencias, microbiología, geoquímica, química y bacteriología con el 44% (n=12), seguido por las ingenierías con el 41% (n=11) y las tecnologías que representan el 15% (n=4). **(Ver gráfico 2)**

Gráfico 2. Programas de formación de directores de laboratorios de ensayo y calibración Antioquia. Enero 2020



Fuente: Matriz de entrevistas una a una y cuadro de salida de demanda laboral, Antioquia. Enero 2020



Teniendo en cuenta la especificidad de los laboratorios, muestran debilidades de formación y auditoria de normas ISO 17025 (acreditación de laboratorios) y 9001 (buenas prácticas de laboratorio), conocimiento en magnitudes, aseguramiento de la calidad de las mediciones, gestión de recursos ante entidades de financiación nacionales e internacionales, diagnóstico de equipos, buenas prácticas de laboratorio, gestión y planeación de proyectos e inglés.

Frente a los conocimientos, destrezas y competencias transversales requeridos para desempeñar las funciones del cargo, la mayoría de directores han requerido de capacitaciones y entrenamientos propios del laboratorio en el cual se ejerce el cargo, además de la experiencia que en la mayoría de los casos se encuentra por encima de 10 años desempeñando el cargo. Esto hace que el cargo sea crítico en caso de que la persona que lo desempeña deba ser reemplazada, por lo que se busca en estos casos promover funcionarios dentro del laboratorio con un entrenamiento adicional en las debilidades identificadas, que en este caso están enfocadas principalmente a habilidades gerenciales y atención al cliente.

•Coordinador de laboratorio

Este cargo es considerado como crítico, ya que al igual que el director y el gestor de calidad, son cargos de difícil consecución en la región por la experiencia que tienen las personas desempeñándose en el cargo, el conocimiento que tienen frente a sus funciones, sus destrezas y competencias, que se han venido adquiriendo con el tiempo y de acuerdo a las necesidades del laboratorio. Además, hay que tener en cuenta la especificidad del laboratorio en el que trabaja el coordinador, ya que pueden existir laboratorios de calibración que manejan las mismas magnitudes, pero puede que las variables y los instrumentos de medición sean diferentes, lo que hace aún más difícil contar con personal capacitado.

En la formación del coordinador se evidencia en mayor proporción con el 69% (n=9) el nivel universitario, teniendo en cuenta que en los laboratorios de ensayo prevalecen los programas de química, química farmacéutica, biología y bacteriología, mientras que en los laboratorios de calibración, el perfil se orienta a ingeniería mecánica, electrónica, biomédica, química; seguido por formación normal a través de cursos o seminarios específicos con el 15% (n=2) y el restante 16% (n=2) en programas de maestría y especialización. De igual manera, dentro de las debilidades se demuestran: falta de conocimiento de la versión 2017 de la norma ISO 17025, el cálculo de incertidumbre, la estadística de datos, la metrología, las técnicas de auditoría en normas ISO, el desarrollo de ensayos de aptitud, el diagnóstico de equipos, la administración pública, el diseño experimental, las validaciones, inglés y el trabajo en equipo.

Gráfico 3. Nivel de formación del coordinador de laboratorios de ensayo y calibración en Antioquia. Enero 2020



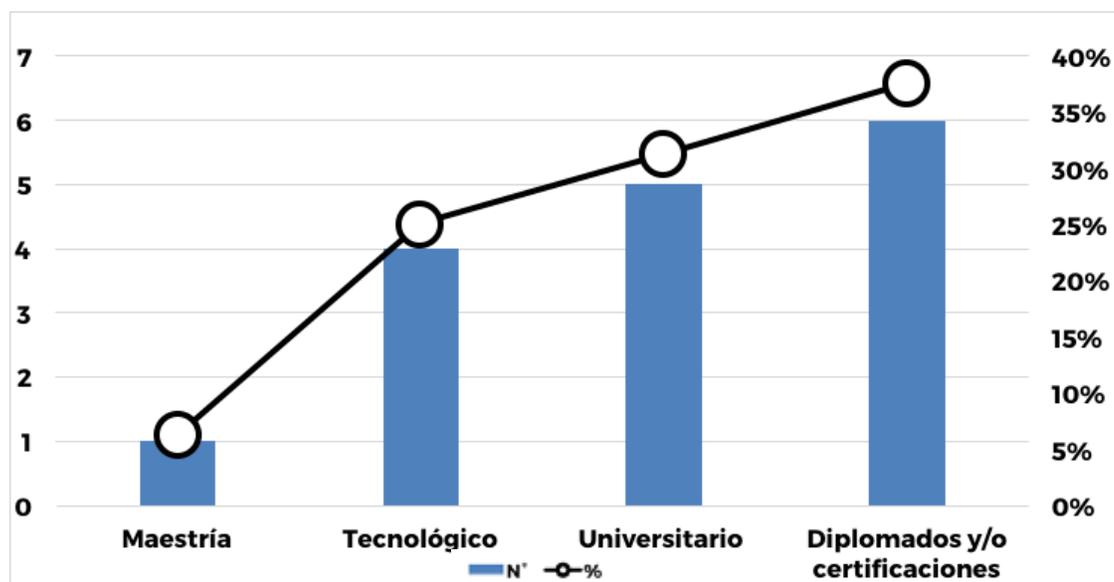
Fuente: Matriz de entrevistas una a una y cuadro de salida de demanda laboral, Antioquia. Enero 2020



•Gestor de Calidad:

El Gestor de Calidad de laboratorio es un cargo que surge a partir de la ISO 17025 y tiene relación con la acreditación de laboratorios y el Sistema de Gestión de calidad. Como se mencionó anteriormente, se considera cargo crítico por los conocimientos adquiridos a través de cursos o seminarios en: Diplomados y certificaciones en metrología, variables, aseguramiento de la calidad, conocimiento en normas ISO 17025 y estimación de la incertidumbre. Además, quien desempeña el cargo debe contar con la experiencia adquirida en auditorías de calidad y en la experticia en el levantamiento de no conformidades, dado el conocimiento que debe tener del laboratorio, incluyendo ensayos o magnitudes según el caso.

Gráfico 4. Nivel de formación del gestor de calidad de laboratorios de ensayo y calibración en Antioquia. Enero 2020



Fuente: Matriz de entrevistas una a una y cuadro de salida de demanda laboral, Antioquia. Enero 2020

El cargo de gestor de calidad en Antioquia muestra debilidades en: conocimiento de la norma ISO 17025, trabajo en equipo, habilidades gerenciales y atención al cliente, las cuales se suplen con cursos y seminarios en temas específicos.



•Analista de laboratorio

Antes de hablar sobre el cargo de analista de laboratorio en Antioquia, es importante señalar que en varios laboratorios no existe el cargo de asistente, lo que hace que las funciones sean asumidas por metrologos, ya que se considera que pueden asegurar la calidad en los procesos.

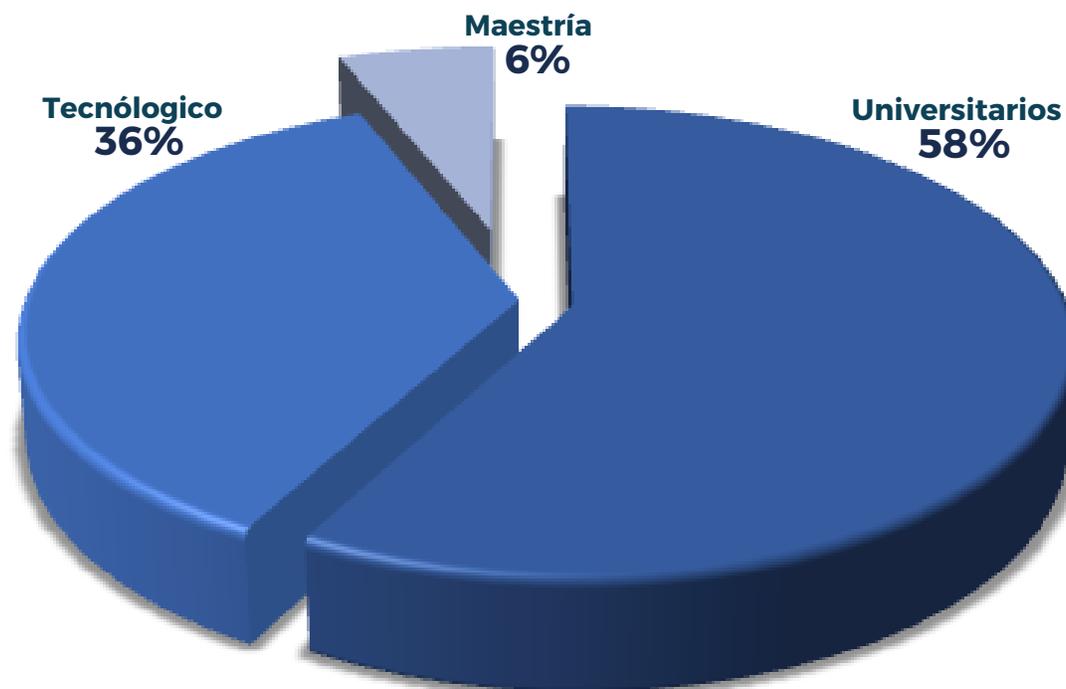
Sin embargo, esta situación hace que el cargo sea de difícil consecución o que se convierta en un cargo de alta rotación, ante mejores ofrecimientos salariales o incentivos adicionales como jornadas de trabajo flexibles.

Los analistas al igual que los demás cargos evidencian debilidades en: Interpretación de resultado y control de datos, falta conocimiento de la nueva versión de la norma ISO 17025, trabajo bajo presión, herramientas ofimáticas, manejo de herramientas de aseguramiento de resultados, diagnóstico de equipos, herramientas estadísticas aplicadas a laboratorios, conocimientos en ensayos especializados, metrología, validación de métodos, ensayos de aptitud, comparaciones interlaboratorios, manejo del sistema de gestión, trabajo en equipo, estimación de la incertidumbre, habilidades gerenciales y servicio al cliente.

El nivel de formación de los analistas en la región es en su mayoría universitario, el cual es representado con el 58% (n=18), seguido por formación tecnológica con el 35% (n=11) y Maestría con el 6% (n=2). Dentro de los programas de formación tecnológica se encuentran: electrónica, electricidad, electromecánica, química, gestión de laboratorio, química Industrial y mantenimiento de equipos biomédicos y aseguramiento metrológico. **(Ver gráfico 5)**



Gráfico 5. Nivel de formación del analista de laboratorios de ensayo y calibración en Antioquia. Enero 2020



Fuente: Matriz de entrevistas una a una y cuadro de salida de demanda laboral, Antioquia. Enero 2020



•Asistente de laboratorio

Los asistentes de laboratorio en la región son considerados cargos de alta rotación, ya que generalmente, una vez son entrenados y capacitados se convierten en fuerza laboral calificada para ejercer mejores cargos en laboratorios similares, con mejores condiciones salariales.

En su mayoría tienen formación en niveles técnicos en: análisis de muestras químicas y agroindustria alimentaria; a nivel tecnológico tienen formación en: química industrial, química, mecánica, mecatrónica, electromecánica, calidad, instrumentación industrial y alimentos.

Las falencias de conocimiento identificadas para este grupo son: Estimación de la Incertidumbre, normas ISO 17025 y 9001, manejo de instrumentos de medición, metrología básica, atención al cliente, manejo de sustancias químicas, toma de muestras, sistemas de información administrativos, matemáticas, manipulación de equipos, comunicación oral y escrita, archivo y gestión, disposición de reactivos, cadena de custodia, motricidad fina y trabajo en equipo.

(Anexo 1. Matriz de sistematización de entrevista una a una Antioquia).



•Director de laboratorio:

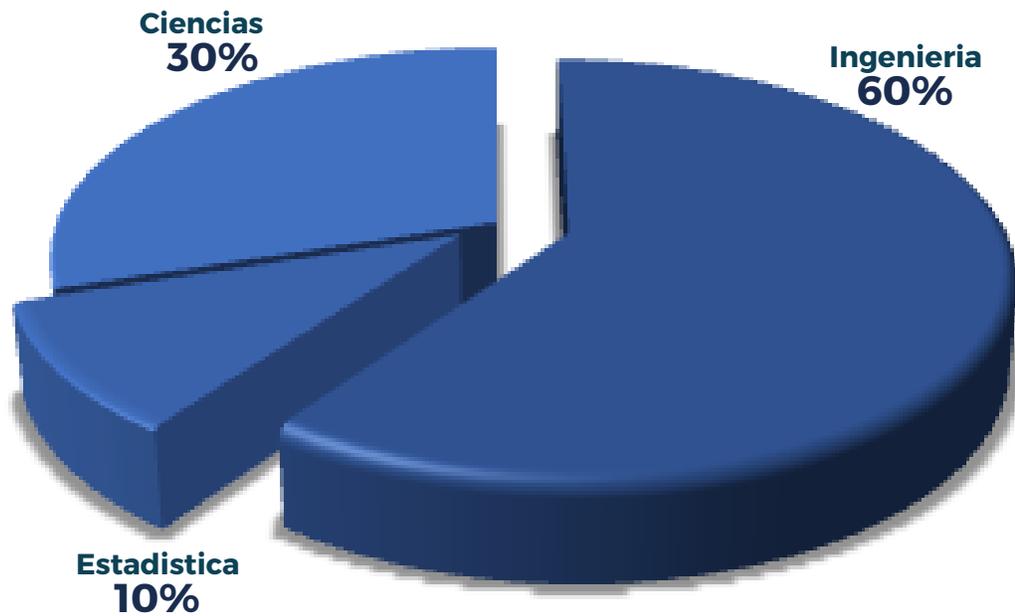
Los programas de formación en su mayoría se relacionan con ingeniería en un 60%, seguida de ciencias básicas (química, física y matemáticas) con el 30% y estadística con el 10%. **(Ver gráfica 6)**

En Bogotá se puede observar como la maestría y el pregrado universitario son los principales niveles de formación en laboratorios con un 17% y un 83% respectivamente. A pesar de que en Bogotá se encuentra el mayor número de laboratorios, la formación también incluye directores de otras disciplinas como administración de empresas. Se considera cargos críticos porque en la mayoría de los laboratorios entrevistados las personas que ocupan el cargo llevan más de 20 años, siendo difícil encontrar un reemplazo con un perfil similar.

Los siguientes conocimientos se observan como debilidades de formación para desempeñar el cargo: el desplazamiento a gran escala, la radiación ionizante, la estimación de la incertidumbre, finanzas, matemáticas, estadística, comprensión de lectura, escritura, aplicación de técnicas nucleares, conocimiento presupuestal, toma de decisiones, dirección y desarrollo de personal y conocimiento del entorno.



Gráfico 6. Programas de formación de directores de laboratorios de ensayo y calibración Bogotá D.C. enero 2020



Fuente: Matriz de entrevistas una a una y cuadro de salida de demanda laboral, Bogotá D.C. Enero 2020

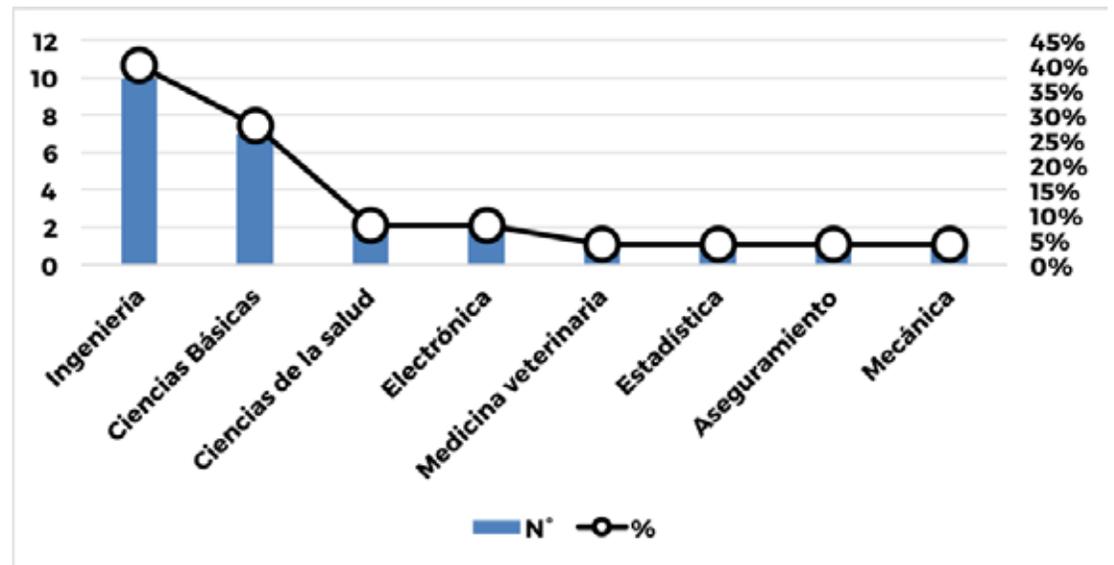


•Coordinador de laboratorio

Este cargo es considerado crítico, ya que al igual que el director y el gestor de calidad son cargos de difícil consecución en Bogotá D.C, debido a la experiencia y el tiempo que llevan en el cargo, el conocimiento que tienen frente a sus funciones, destrezas y competencias, que se han venido adquiriendo con el tiempo y de acuerdo a las necesidades del laboratorio.

En la formación del coordinador se evidencia el pregrado universitario en mayor proporción con el 68% (n=17), seguido por el nivel tecnológico con el 17% (n=4), la maestría con el 12% (n=3) y el 4% (n=2) restante en formación técnica. Dentro de los programas de formación más frecuentes están las ingenierías con el 40% (n=10), seguidas por la formación en ciencias básicas y de salud con el 36% (n=9), los programas de electrónica con el 8% (n=2) y con el 16% (n=4) los programas de medicina veterinaria, estadística, aseguramiento metrológico y mecánica con un 4% respectivamente.

Gráfico 7. Programas de formación del coordinador de laboratorios de ensayo y calibración en Bogotá D.C. Enero 2020



Fuente: Matriz de entrevistas una a una y cuadro de salida de demanda laboral, Bogotá D.C. Enero 2020



Como debilidades para el cargo en los laboratorios de ensayo y calibración, se identificaron los siguientes conocimientos: conocimiento general de los ensayos del laboratorio, finanzas y presupuesto, ISO 17025, herramientas ofimáticas, Inglés, orientación a resultados, certificación de auditor interno en ISO 17025, metrología básica, aseguramiento metrológico, solución de acciones correctivas, análisis de riesgos, aseguramiento de calidad, planeación y organización, atención al detalle, estadística, confirmación de métodos, manejo de herramientas estadísticas, normatividad técnica aplicada en el sector textil, manejo de instrumentación, administración pública, administración de talento humano, gestión de la calidad, contratación pública, operaciones técnicas, conocimiento del manejo de laboratorios, políticas institucionales, elaboración de procedimientos, estimación de la incertidumbre, manejo en las variables acreditadas, habilidad manual y visual para manipular los elementos, ISO 9002 y mantenimiento de equipos.

De igual manera, en las debilidades identificadas en conocimientos específicos para laboratorios de ensayo se identificaron: cromatografía, espectrofotometría, absorción atómica, conocimiento técnico en aplicaciones nucleares y radioactivas, protección radiológica; aplicaciones nucleares y radioactivas, gestión ambiental, metodologías de análisis de suelos y alimentos, proyectos de investigación, manejo de equipos de laboratorio, uso de insumos químicos, manipulación de sustancias, fitopatología y diagnóstico, control biológico, secuenciación de nueva generación, genotipado a gran escala, técnicas de PCR, diagnóstico veterinario, calidad microbiológica de alimentos, conocimientos en bioensayos y crías relacionadas con insectos, formulación de dietas para crías de insectos, aplicación de técnicas de evaluación y criopreservación de material genético animal.

De igual manera, para laboratorios de calibración se identificaron las siguientes: Programación de las plantillas de toma de datos de la calibración, administración para la gestión de proyectos de investigación y cumplimiento de indicadores y metas.

•Gestor de Calidad

El Gestor de Calidad de laboratorio es un cargo que surge a partir de la ISO 17025 versión 2017. En Bogotá D.C, en algunos casos es asumido por el director o por el coordinador en lo referente a acreditación del laboratorio y el Sistema de Gestión de calidad. De igual modo, se considera cargo crítico por los conocimientos que debe adquirir a través de cursos o seminarios en: Certificación de auditor interno en ISO 17025, control y aseguramiento metrológico, estimación de incertidumbre, herramientas ofimáticas e inglés intermedio, razón por la cual es difícil conseguir perfiles que cuentan con esta formación complementaria que es necesaria para desempeñar el cargo. Esto sumado a la experiencia adquirida en auditorías de calidad y en la experticia en el levantamiento de no conformidades, dado el conocimiento que debe tener del laboratorio, incluyendo ensayos o magnitudes según el caso.

Los programas de formación en su mayoría corresponden a ingeniería industrial, ingeniería textil, ingeniería de producción, ingeniería eléctrica e ingeniería mecánica, gerencia de calidad y ciencias básicas (física, química, Matemáticas).

Dentro de las falencias más representativas en conocimientos se evidencian las siguientes: sistema internacional de unidades, calibración, estimación de incertidumbre, ajustes, control metrológico, principios físicos de funcionamiento de los equipos, y habilidad manual y visual para manipular elementos e insumos.



•Analista de laboratorio

El cargo de analista de laboratorio en Bogotá D.C asume parte de la responsabilidad del sistema de gestión de calidad cuando no existe gestor de calidad. Esto debido a su experticia y conocimiento del laboratorio, lo cual se complementa con capacitaciones frecuentes en temas inherentes a su quehacer diario. Esta condición hace que el cargo sea de difícil consecución o que se convierta en cargo de alta rotación, debido a mejores ofrecimientos salariales o personales como pasa en Antioquia.

El nivel de formación de los analistas en la región es en su mayoría universitario representado con el 50% (n=8), seguido por carreras tecnológicas y técnicas con el 44% (n=7), y cursos de educación no formal con el 6% (n=1). Dentro de los programas de formación profesional se encuentran: ingeniería eléctrica, ingeniería electrónica, ingeniería eléctrica, ingeniería química, ingeniería industrial, física, química; tecnologías en: aseguramiento metrológico y confección industrial; y carreras técnicas en electrónica, industrial, química y mecánica. Como curso de educación no formal se destaca el de Auditoría ISO 17025.

Como debilidades de formación se muestran las siguientes: Manejo y diligenciamiento de registros, estimación de la incertidumbre, estadística, validación y verificación de métodos, análisis de resultados, identificación y gestión del riesgo, ISO 17025, reglamento de ONAC, física, química no aplicada, finanzas, cumplimiento de tiempos, manejo de hojas de cálculo y plantillas, manejo de sistemas de información, habilidad manual y visual para manipular elementos e insumos, trabajo en equipo, aspectos específicos que requieren metodologías internacionales, redacción y presentación de informes, matemáticas en general, comprensión lectora, aplicación de técnicas nucleares y metrología.

•Asistente de laboratorio

El cargo de asistente de laboratorios en Bogotá D.C es desempeñado por bachilleres en la mayoría de los laboratorios objeto del estudio. Dentro de las razones expuestas para que así sea, se encuentra principalmente las siguiente: disposición y entrega hacia sus deberes y la avidez que demuestran durante el aprendizaje facilita su capacitación y entrenamiento en áreas específicas de desempeño. No obstante, se convierte en cargo de alta rotación cuando una vez alcanzada la curva de aprendizaje, el trabajador renuncia ante mejores condiciones laborales y salariales.

De acuerdo con los conocimientos, destrezas y habilidades exigidas para el cargo, se encontraron las siguientes debilidades: Metrología básica, soldadura, capacitación en las magnitudes en las que se presta el servicio, magnitudes, teoría de errores, estadística, estimación de la incertidumbre, validación y verificación de métodos, análisis de resultados, Identificación y gestión del riesgo, ISO 17025, Reglamento de ONAC, herramientas ofimáticas, gestión documental, archivo y gestión, disposición de reactivos, cadena de custodia, habilidad analítica, atención al cliente, química, redacción y presentación de informes, calibración o mantenimiento de equipos de medición. Estas debilidades son resueltas con capacitación permanente dentro del laboratorio, por parte de cargos superiores o con empresas del sector.

(Anexo 2. Matriz de sistematización de entrevista una a una Bogotá D.C)



▶ Valle del Cauca



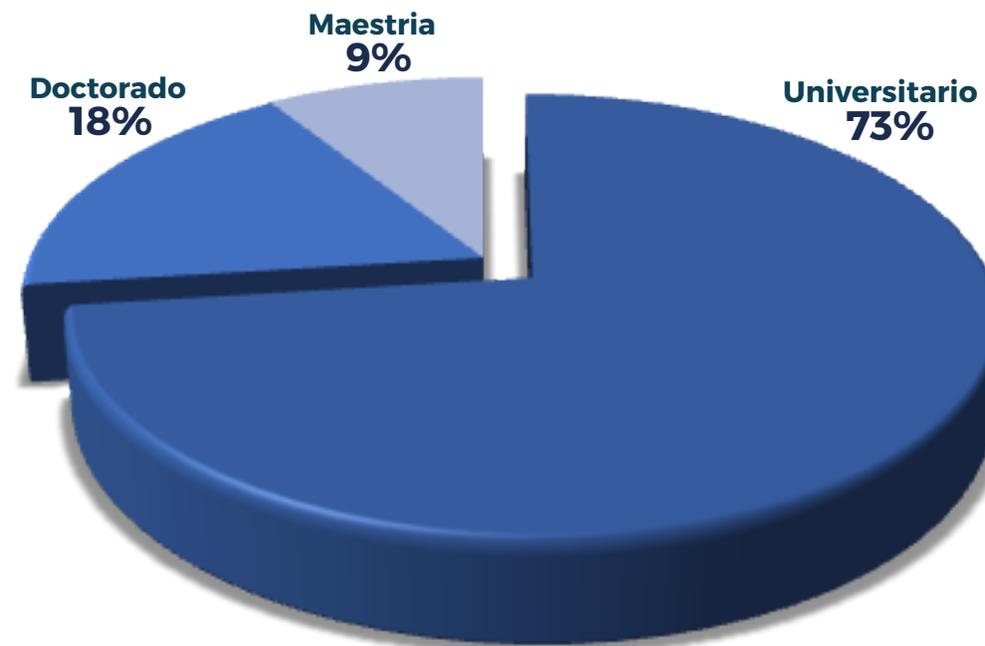
Como cargos críticos en el Valle del Cauca se consideran a los directores de laboratorio, los coordinadores y los gestores de calidad, debido a las especificidades de cada laboratorio y a la experiencia que tienen desempeñando el cargo.

•Director de laboratorio:

En la región se evidencia que los directores cuentan con formación académica variada. Se encuentran desde profesionales, funcionarios con magister y con doctorado, tal como lo muestra la gráfica 8. Al igual que en Antioquia, los cargos directivos con doctorado corresponden a laboratorios de ensayo.



Gráfico 8. Nivel de formación del director de laboratorios de ensayo y calibración en Valle del Cauca. Enero 2020

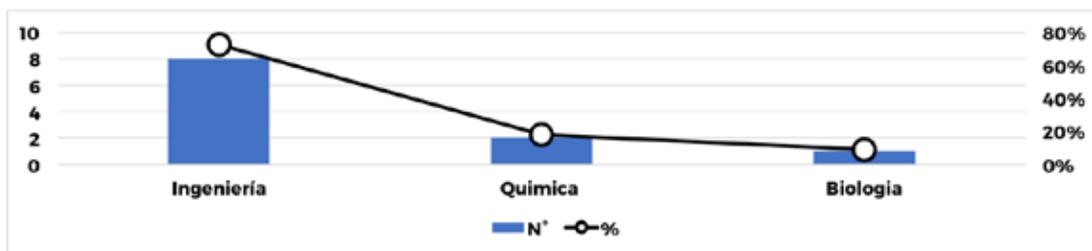


Fuente: Matriz de entrevistas una a una y cuadro de salida de demanda laboral, Valle del Cauca. Enero 2020

Dentro de los programas de formación para directores se destacan las ingenierías con el 73% (n=8) y las ciencias básicas con el 27% restante (n=3).



Gráfico 9. Programas de formación de directores de laboratorios de ensayo y calibración Valle del Cauca. Enero 2020



Fuente: Matriz de entrevistas una a una y cuadro de salida de demanda laboral, Valle del Cauca. Enero 2020

Teniendo en cuenta la especificidad diferente que tienen los laboratorios entrevistados, se encontraron debilidades de formación en: gestión de proyectos, actualización de la última normatividad ambiental vigente, manejo de personal, habilidades gerenciales, Excel avanzado y Mercadeo de servicios.

Frente a los conocimientos, destrezas y competencias transversales requeridas para desempeñar las funciones del cargo, la mayoría de directores han requerido capacitaciones y entrenamientos propios del laboratorio del que hacen parte, dentro de las cuales se pueden destacar las siguientes: Ensayos de aptitud, magnitudes, aseguramiento metrológico y procedimientos internos de laboratorio.

Este cargo resulta crítico, ya que en la mayoría de los casos se requiere una experiencia desempeñando el cargo, que generalmente se encuentra por encima de los 10 años. Por lo mismo, lo que se busca en estos casos es promover funcionarios dentro del laboratorio con un entrenamiento adicional en las debilidades reconocidas.

•Coordinador de laboratorio:

Este cargo es considerado crítico, ya que al igual que el director y el gestor de calidad, son cargos de difícil consecución en la región por la experiencia y el tiempo en el que llevan desempeñándose en el cargo, el conocimiento que tienen frente a sus funciones, destrezas y competencias, que se han venido adquiriendo con el tiempo y de acuerdo a las necesidades del laboratorio. Igualmente, la especificidad de los laboratorios y la multiplicidad de condiciones que hacen que permanezca en el cargo hacen que éste sea crítico al momento de requerir a una nueva persona que se desempeñe en el mismo.

En la formación del coordinador se evidencia el nivel profesional en mayor proporción con el 86% (n=13) teniendo en cuenta que en los laboratorios de ensayo prevalecen los programas de química, biología, microbiología y bacteriología, mientras que en los laboratorios de calibración el perfil se orienta a la ingeniería eléctrica, ingeniería electrónica, ingeniería biomédica, ingeniería química, ingeniería industrial, ingeniería ambiental, ingeniería agrónoma; seguido por programas de especialización y tecnología con el 14% (n=2)

Dentro de las debilidades que se encontraron para el cargo se destacan las siguientes: falta de conocimiento de la versión 2017 de la norma ISO 17025, cálculo de incertidumbre, estadística de datos, metrología, técnicas de auditoría en normas ISO, desarrollo de ensayos de aptitud, diagnóstico de equipos, administración pública, diseño experimental, validaciones, inglés y trabajo en equipo.



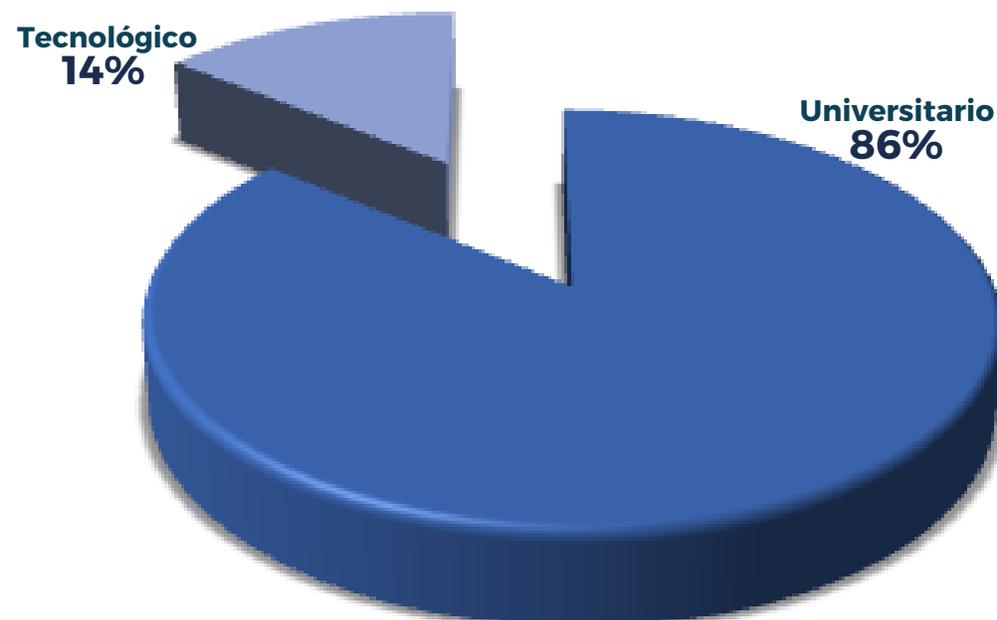
•Gestor de Calidad:

El Gestor de Calidad de laboratorio es un cargo que surge a partir de la ISO 17025 del 2005 en su versión 2017, la cual debe su importancia a procesos de acreditación de laboratorios y al Sistema de Gestión de calidad.

Como se menciona anteriormente, se considera cargo crítico por los conocimientos adquiridos a través de cursos o seminarios específicos en: ISO 9001, ISO 17025, ISO 19011 (auditorías), ISO 31000 (riesgos), ISO 9001 en versiones vigentes con certificado de asistencia y aprobación, ISO 14001 en versiones vigentes con certificado de asistencia y aprobación, OHSAS 18001 en versiones vigentes con certificado de asistencia y aprobación, mínimo 40 horas de Formación en Auditorías internas bajo la NTCISO 19011 versión vigente, estimación de la Incertidumbre, trazabilidad, Conocimiento en procedimientos que se auditan, validación de métodos, aseguramiento de la calidad de los resultados, metrología, cromatografía de gases, satisfacción del cliente, control de documentos de acciones correctivas, mejoras, producto no conforme y control de procesos y producto, química, agronomía o ciencias ambientales, herramientas ofimáticas y estadística.



Gráfico 10. Nivel de formación del gestor de calidad de laboratorios de ensayo y calibración en Valle del Cauca. Enero 2020



Fuente: Matriz de entrevistas una a una y cuadro de salida de demanda laboral, Valle del Cauca. Enero 2020

Dentro de los programas de formación para directores se destacan las ingenierías con el 73% (n=8) y las ciencias básicas con el 27% restante (n=3).



•Analista de laboratorio

Antes de hablar sobre el cargo de analista de laboratorio en Valle del Cauca, es importante señalar que en varios laboratorios no existe el cargo de asistente, lo que hace que las funciones sean asumidas por metrologos, con el objetivo de asegurar la calidad en los procesos.

Sin embargo, el cargo es considerado de difícil consecución o de alta rotación ante mejores ofrecimientos salariales o incentivos adicionales como jornadas de trabajo flexibles.

Los analistas al igual que los demás cargos, evidencian debilidades en los siguientes aspectos: Validación de métodos analíticos, inglés técnico, normatividad, metrología, gestión del riesgo y servicio al cliente.

El nivel de formación de los analistas en la región es en su mayoría universitario y tecnológico. Dentro de los programas de formación tecnológica se encuentran los siguientes: Ingeniería electrónica, Ingeniería eléctrica, Ingeniería química, química y tecnología en química.

•Asistente de laboratorio

Los asistentes de laboratorio en la región son considerados cargos de alta rotación, dado que generalmente se encuentran altamente capacitados. Dentro de su formación destacan carreras profesionales como: administración de empresas, ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica, física; carreras tecnológicas en: eléctrica, electrónica, mecánica, física y química; y algunos trabajadores con cursos de educación no formal en Metrología, ISO 17025, estimación de la incertidumbre, y validación y confirmación de métodos.

Las falencias en conocimientos identificadas para este cargo son las siguientes: Sistemas de información, ISO 17025, fundamentos de metrología, inglés, clasificación de reactivos, lavado de material, trabajo en equipo, atención al cliente y estadística.

(Anexo 3. Matriz de sistematización de entrevista una a una Valle del Cauca)



▶ 2. Análisis de prospectiva laboral

2.1. CONTEXTO DE LA PROSPECTIVA LABORAL PARA EL SECTOR:

En el momento del estudio de identificación de brechas se evidencia un trabajo realizado por la Universidad Pontificia Bolivariana en donde se plantea la problemática existente, el cual se desarrollará a profundidad en el capítulo 4.

2.2 Descripción de la metodología utilizada,

2.2.1 Grupos focales

2.2.1.1 Conformación de Grupos focales

Para dar alcance a los lineamientos hacia el cierre de brechas de capital humano en el sector de laboratorios de los sub segmentos de calibración y ensayo, en conjunto con el Ministerio de Trabajo, el Instituto Nacional de Metrología, el Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA y la Organización de Estados Iberoamericanos – OEI, se desarrolla a través de Grupos Focales la implementación de la metodología, con el fin de reconocer a futuro en el sector cómo las nuevas tendencias impactarán el talento humano, ya sea para generar nuevos cargos y competencias o para mantener los cargos existentes con otras competencias.

Teniendo en cuenta el trabajo realizado por el INM (Instituto Nacional de Metrología), se anexa la Organización de Estados Iberoamericanos – OEI y los expertos citados para los encuentros en mención. El objeto de la convocatoria es identificar tendencias para establecer a futuro las necesidades de los laboratorios, en cuanto a oferta educativa y demanda de profesionales en los mismos.

Los grupos focales son conformados y citados por el Instituto Nacional de Metrología para los días 29, 30 de agosto, 2 y 3 de septiembre de 2019. Con la colaboración de la OEI se establece el lugar y la hora para que sean convocados, teniendo en cuenta el subsector y el segmento de tal manera que se conforman 8 grupos de la siguiente manera:

2.2.1.2 Actividades de Grupos focales

Para la ejecución de los grupos se realizan dos presentaciones en PowerPoint (una para cada subsector), en las cuales además de incluir las tendencias revisadas para cada subsector, se anotan también las generalidades de la identificación y medición de brechas de capital humano (IMBCH) que están a cargo de la representante del Ministerio y unas variables estratégicas de prospectiva laboral del SENA. De igual manera, el Ministerio recomienda plotear unos cuadros para manejar con notas adhesivas (post-its) las observaciones de los expertos, como parte de la dinámica para establecer las tendencias, las cuales se realizan acatando las observaciones recibidas por las partes.

Durante la dinámica de grupos focales, se diligencian los cuadros antes mencionados con las tendencias sugeridas, y las que durante el transcurso son expuestas por los expertos asistentes y se maneja la agenda de la siguiente manera:

- Presentación de participantes
- Presentación de la metodología sobre prospectiva laboral
- Identificación de tendencias tecnológicas y organizacionales para el sector.
- Preguntas orientadoras para la identificación de Prospectiva laboral para el sector.
- Preguntas orientadoras para la Vigilancia estratégica.

La información obtenida de los grupos focales y las tendencias identificadas y/o corroboradas, sirven como insumo al indagar los posibles cambios tecnológicos y su impacto ocupacional en las encuestas semiestructuradas realizadas en laboratorios.



2.3. Análisis de las tendencias identificadas para el sector

Dentro de las anotaciones realizadas por el grupo del segmento de óptica se encuentran que:

Aunque las mediciones sin contacto existen en el mundo desde hace tiempo, la tendencia es la innovación en la medición y se requieren profesionales en física e ingeniería competentes para el área.

En Sistemas de medición se plantea que viene de la mano del mercado por no tener tecnologías propias, lo cual hace que la probabilidad de difusión en el País sea media, y que por ende se requieran nuevas habilidades y conocimientos en análisis de datos, estadísticas, big-data y tecnologías complejas.

La nanotecnología es una tendencia con alta probabilidad de difusión que requiere personal altamente calificado.

En el segmento de mecánica se mencionan adicionalmente como tendencias a tener en cuenta las siguientes: la revolución a sistemas ópticos, mediciones dinámicas, mediciones indirectas y simulación especialmente en mediciones de presión y volumen.

Como comentario de interés se encuentra que en mediciones inteligentes las competencias necesariamente deben cambiar a análisis de datos y transmisión inalámbrica. De igual modo, la nanotecnología no es considerada tendencia por este grupo, debido a las dimensiones que manejan este tipo de laboratorios de calibración.

De las tendencias propuestas para este grupo se consideran todas cuando se pregunta la probabilidad de que la tendencia se difunda en el País. La robótica es señalada con probabilidad media y la proteómica con baja, dado el nivel de impacto ocupacional que tendrían mencionadas tendencias por la rigurosa capacitación e investigación que implican.

En la discusión de expertos como lo evidencia la tabla 4, especialmente en robótica y automatización no se logra definir si es medio o alto el nivel de impacto ocupacional que tendrían estas tendencias.

Las tendencias determinadas por el grupo focal de microbiología, resultan de una amplia discusión que parte desde la definición de biología molecular como la madre de las demás ciencias, y la ingeniería genética que siendo más específica aporta avances importantes desde la investigación de genes, que tienen que ver con alteraciones de los mismos, no sólo humanos sino también en plantas y animales. Siendo así, se evidencian como tendencias a tener en cuenta: la medicina de precisión, la ingeniería genética, el POCT (Point Of Care Testing) y la teragnóstica o teranóstica, de las cuales se enuncia lo siguiente:

- La ingeniería genética es la madre de las OMIC, proteómica, metabolómica, genómica etc.

- POCT es tendencia, sin embargo, no existen pruebas testigo o de control acordes a las necesidades del País.

En los laboratorios de ensayos clínicos, veterinarios y forenses, se valoran las tendencias iniciales y las propuestas por el grupo de microbiología y haciéndose las siguientes anotaciones: preocupa la proliferación de pruebas rápidas o POCT, dado que a pesar de ser una tendencia hace rato en el país, mencionadas pruebas no fueron realizadas para la población colombiana, ni para las condiciones climáticas en las cuales se están utilizando. Esto ha generado falsos positivos y/o falsos negativos, por lo que la tendencia sería la validación de esas pruebas y la medición de las mismas para el país.

En el subsector del segmento de químicos, analíticos y físico-químicos se avalan las tendencias propuesta. La diferencia radica en la probabilidad media de que la tendencia se difunda en el país en robótica y en ingeniería Molecular, especialmente por la dificultad que tienen los laboratorios para acceder por costos y porque los grandes avances se encuentran a disposición de universidades en áreas de investigación.



Se evidencia Big-data como tendencia bajo dos condiciones: automatización y seguridad de la información. Las tendencias del grupo de óptica no son aplicables a masas, aunque con laser se están midiendo el llenado de tanques de petroleras.

Se avalan las tendencias propuestas y se añade la calibración de pesaje a nivel micro, y mediciones dinámicas que fueron identificadas en los grupos de mecánica, masas y magnitudes.

Durante la dinámica de grupos focales se diligencian los cuadros antes mencionados, con las tendencias sugeridas y las que durante el transcurso son expuestas por los expertos asistentes.

Las tendencias de los dos subsectores dan respuesta a las preguntas allí planteadas, de tal manera que para llegar a este condensado, se tienen en cuenta la dinámica realizada en cada grupo y las grabaciones tomadas en cada uno de los grupos focales, obteniéndose las siguientes tendencias: Nanotecnología, robótica, mediciones sin contacto, sistemas de medición, automatización, mediciones inteligentes, fotónica, Li Fi, Leds Orgánicos, biología molecular, Proteómica, POCT, teragnóstica, ingeniería genética y medicina de precisión. **(Anexo 7. Descripción de tendencias).**

Es importante señalar que los tiempos establecidos para que la tendencia llegue al país surgen de las discusiones de los diferentes grupos focales.



2.4. Análisis de impactos ocupacionales para el sector en el futuro,

Según las tendencias se tienen en cuenta los cargos nuevos, los que aumentarían su demanda, los que perderían relevancia y los que siguen con nuevas funciones y competencias (transformación) para establecer el impacto ocupacional a futuro del sector laboratorios



▶ Antioquia

En la región se evidencian cargos nuevos de:

- Director de laboratorio:** En tendencias como: nanotecnología, biotecnología e ingeniería genética; analista de laboratorio para nanotecnología, mediciones en sitio, automatización y biología molecular y desarrollador de aplicaciones para automatización e inteligencia artificial.

- Analista de laboratorio:** Especialmente en las tendencias que tiene que ver con: mediciones en sitio, automatización, biología molecular y nanotecnología.

- Desarrollador de aplicaciones:** En tendencias relacionadas con: Inteligencia artificial, analítica de datos, machine learning, internet de las cosas, automatización y Modelo BI (modelo business intelligence)
Antioquia evidencia como cargos en transformación los siguientes con las respectivas tendencias que impactarían los cargos:

- Director de laboratorio:** Redefinición de masa, calibración de instrumentos de pesaje a nivel micro, medición de micros y pequeños volúmenes, simuladores, inteligencia artificial, internet de las cosas, automatización, analítica de datos, machine learning, nanotecnología, biotecnología, ingeniería genética, proteómica, mediciones de inferencia, mediciones de óptica y mediciones sin contacto.



•**Coordinador de laboratorio:** Cannabis medicinal, terminación de residuos tóxicos en los alimentos (plaguicidas, medicamentos veterinarios), redefinición de masa, calibración de instrumentos de pesaje a nivel micro, medición de micros y pequeños volúmenes, simuladores, inteligencia artificial, internet de las cosas, automatización, analítica de datos, machine learning, nanotecnología, biotecnología, ingeniería genética, proteómica, mediciones de inferencia, mediciones de óptica y mediciones sin contacto.

•**Gestor de calidad:** Cannabis medicinal, terminación de residuos tóxicos en los alimentos (plaguicidas, medicamentos veterinarios), simuladores, inteligencia artificial, internet de las cosas, automatización, analítica de datos, machine learning, nanotecnología, mediciones de inferencia, mediciones de óptica y mediciones sin contacto.

•**Asistente de laboratorio:** Inteligencia artificial, internet de las cosas, automatización, analítica de datos, machine learning, nanotecnología, biología Molecular y robótica.

Los cargos que aumentarían su demanda con las tendencias que generarían esta condición son los siguientes:

•**Director de laboratorio:** Instrumentos patrón para mediciones de nivel micro en balanzas y volumen, inclusión de simuladores y automatización

•**Coordinador de laboratorio y gestor de calidad:** Instrumentos patrón para mediciones de nivel micro en balanzas y volumen, inclusión de simuladores

•**Analista de laboratorio:** Herramientas tecnológicas, nanotecnología, biología Molecular y robótica.

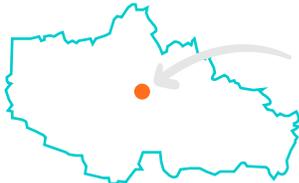
•**Asistentes de laboratorio:** Automatización y desarrollo de equipos nuevos de laboratorio que permitan implementar nuevas técnicas analíticas.

•**Desarrollador de aplicaciones:** En todas las tendencias que tienen que ver con avances tecnológicos y manejo de información. Los cargos que perderían relevancia en la región y su respectiva tendencia son los siguientes:

•**Analistas y asistentes de laboratorio:** Automatización. (Anexo 9. Análisis de impactos ocupacionales, Antioquia)



► Bogotá



En la región se evidencian cargos nuevos de: Analista de procesamiento de datos (automatización), asegurador de las mediciones y buenos resultados (automatización), Gerente de recursos humanos (automatización), ingeniero de laboratorio (automatización), profesional de investigación y desarrollo (Automatización, medición sin contacto, sistemas de medición, nanotecnología y simulación), profesional en seguridad informática (automatización), programador metrológico (automatización y simulación) y técnico de mantenimiento (nanotecnología, automatización y robótica).

Bogotá D.C, demuestra los siguientes cargos en transformación con sus respectivas tendencias:

•**Director de laboratorio y Coordinador de laboratorio:** Automatización, mediciones Indirectas, medición sin contacto, mediciones Inteligentes, simulación, fotónica, sistemas de Medición, desarrollo de materiales de aislamiento, nanotecnología, régimen especial de carrera por ciencia y tecnología, implementación de nuevas técnicas analíticas para caracterización e investigación en materiales geológicos y energéticos y acreditación de laboratorios bajo la norma NTC ISO/IEC 17025

•**Gestor de calidad:** Robótica, automatización, biología Molecular, sistemas de Medición, simulación, nanotecnología y Medición sin contacto.

•**Analista de laboratorio:** Robótica, automatización, biología Molecular, sistemas de Medición, mediciones Inteligentes, medición sin contacto, mediciones Dinámicas, simulación, fotónica, revolución a sistemas ópticos, nanotecnología, mediciones en sitio, mediciones Inteligentes, conectividad, pruebas Rápidas, medición por óptica laser, desarrollo de materiales de aislamiento y biología Molecular.

•**Asistente de laboratorio:** Robótica, automatización, biología Molecular, sistemas de Medición, nanotecnología, mediciones inteligentes, mediciones en sitio y Medición sin contacto.

Los cargos que aumentarían su demanda serían: Coordinador de laboratorio (automatización), analista de laboratorio (Biología Molecular, automatización, simulación, medición sin contacto, sistemas de medición, medición indirecta, mediciones dinámicas, nanotecnología, mediciones inteligentes, robótica y mediciones en sitio) y técnico de mantenimiento (medición sin contacto, sistemas de medición, nanotecnología y simulación).

En cuanto a los cargos que podrían perder relevancia en el sector laboratorios Bogotá D.C se encuentran: Analista de laboratorio (medición Inteligente, automatización, medición sin contacto) y asistente de laboratorio (Automatización y mediciones en sitio). (Ver Anexo 9. Análisis de impactos ocupacionales, Bogotá)



▶ Valle del Cauca



El Valle del Cauca muestra los siguientes cargos nuevos con sus respectivas tendencias:

- **Ingeniero de ensayos:** energía eléctrica de potencia; mediciones de grandes corrientes y grandes tensiones.
- **Profesional especializado:** Ampliación del acceso a las bases de datos científicas con las que cuenta la entidad (Cambio tecnológico), Implementación del nuevo sistema de carrera por ciencia y tecnología (Organizacional), incremento del número de grupos de investigación e investigadores reconocidos por Colciencias.
- **Técnico de mantenimiento metrólogo:** Automatización

La región demuestra los siguientes cargos en transformación con sus respectivas tendencias:

- **Director de laboratorio y Coordinador de laboratorio:** Energía eléctrica de potencia, mediciones de grandes corrientes y grandes tensiones, Big Data y automatización.
- **Gestor de calidad:** Robótica, automatización, biología Molecular, sistemas de Medición, simulación, nanotecnología y Medición sin contacto.
- **Analista de laboratorio:** Automatización, Big Data, pruebas rápidas, medición Inteligente y robótica
- **Asistente de laboratorio:** Automatización y Big Data

Los cargos que aumentarían su demanda con sus respectivas tendencias de impacto sería el siguientes:

- **Analista de laboratorio:** Energía eléctrica de potencia, mediciones de grandes corrientes y grandes tensiones, Big Data y automatización.

Como cargo que podría perder relevancia en el sector laboratorios en el Valle del Cauca se encuentra:

- **Asistente de laboratorio** (Energía eléctrica de potencia y mediciones de grandes corrientes y grandes tensiones). (Ver Anexo 9. Análisis de impactos ocupacionales, Valle del Cauca).

2.5. Análisis de descriptores para los cargos requeridos a futuro para el sector,

Al analizar los requerimientos del sector de laboratorios de ensayo y calibración se muestra por regiones lo siguiente:

▶ Antioquia



Dentro de los cargos nuevos para el sector se manifiestan los siguientes:

- **Director científico:** Como respuesta a tendencias de nanotecnología, biotecnología e ingeniería genética, con funciones encaminadas a explorar los proyectos tecnológicos en las tendencias, participar de las convocatorias internacionales de las tendencias científicas y participación en foros científicos nacionales e internacionales. Los conocimientos requeridos son a nivel de posgrado enfocado en alguna de las tendencias, o gerencia de proyectos. Dentro de las destrezas identificadas para el cargo se encuentran: manejo de un segundo idioma, manejo de planeaciones con herramientas o software especial para la ejecución de proyectos, construcción de proyectos o anteproyectos científicos.



•**Profesionales y tecnólogos de energías renovables:** encaminados hacia la tendencia de otras formas de generación de energía, con conocimientos en tipos de energías, características, métodos de medición, instrumentos de medición, variables, física y metrología avanzada; habilidades matemáticas, gerenciales, metrológicas y competencias encaminadas hacia el análisis y el liderazgo.

•**Profesional especializado en biología molecular:** Para dar respuesta a las necesidades del sector de laboratorios de ensayo de microbiología en la búsqueda activa de contaminantes emergentes en empresas de energía, lo que amerita a su vez atención al detalle y proactividad para el manejo de situaciones cambiantes del sector.

•**Analistas de Información o de datos:** La región expresa la importancia de profesionalizar al personal que ocupa estos cargos, ya que dentro de los hallazgos se proponen para tendencias que tienen que ver con temas ambientales, Infraestructura TI (tecnología de la información), automatización, mediciones en sitio; automatización; biología molecular; nanotecnología y Modelo BI (business intelligence). Esto requiere conocimientos en: estadística, control de calidad analítico, control de procesos e ingeniería de producción, manejo de software estadístico, técnicas analíticas, normativa ambiental, control de calidad analítico, machine learning, big data, normas técnicas, herramientas ofimáticas, inglés, sistemas informáticos; programación y desarrollo de software; metrología química, física y genética; metrología en las variables actuales y nuevas; análisis de tendencias; modelos de bases de datos e inteligencia artificial. De igual manera, requiere destrezas en: análisis numérico, análisis crítico, atención al detalle, manejo de equipos de laboratorio, técnicas analíticas, preparación de muestra, manejo de reactivos, procesamiento matemático, capacidad analítica y de trabajo con alto nivel de concentración; matemáticas y financiera. Como competencias transversales se encuentran: Toma de decisiones, pensamiento estratégico, proactividad, comunicación efectiva, orientación al logro, trabajo en equipo y adaptabilidad al cambio.

•**Auxiliar de mantenimiento de equipos automatizados:** Se propone como cargo nuevo que se genera como resultado de la tendencia de automatización. Para ello, se requieren conocimientos en mantenimiento, calibración y verificación de funcionamiento de equipos y metrología avanzada. Con habilidades en matemáticas y software. Como competencias transversales se tiene en cuenta el trabajo en equipo.

•**Desarrollador de aplicaciones:** Este cargo tiene relación con la tendencia de automatización para análisis de histogramas en temas ambientales, dentro de las funciones a desempeñar se encuentra desarrollar aplicativos que solucionen necesidades del mercado, con conocimientos y destrezas que tienen que ver con: inteligencia artificial, analítica de datos, machine learning, internet de las cosas (aplicado a laboratorios), habilidad para manejar la tecnología. Como competencia transversal se observa la adaptabilidad al cambio.

Dentro de los cargos en transformación se muestran los siguientes requerimientos

•**Director:** Según la tendencia, sus funciones se cambiarían a validación de métodos, confirmación del método, pruebas de aseguramiento de la calidad del método, el manejo de proyectos y conocimiento dirigido a las nuevas tendencias y sus experiencias nacionales e internacionales, análisis y procesamiento de datos, análisis estadísticos y estandarización de métodos. Con conocimientos, destrezas y habilidades en: nuevas pasantías, actualización de normas y métodos, innovación y creatividad, tolerancia, confianza, aprendizaje rápido y continuo, formación superior en posgrado, posibilidad de tener acceso a bases mundiales de información, tener competencia para realizar escritos o artículos científicos, inglés, globalización en conocimiento, manejo de nuevos equipos, estadística, herramientas TI para el procesamiento de datos (machine learning, Big Data, IoT (Internet de las cosas), herramientas de TI; tratamiento de datos; independencia en la toma de decisiones, resiliencia, autonomía, informática y análisis.



•**Analistas de laboratorio:** Teniendo en cuenta las tendencias planteadas anteriormente, estos cargos requerirán los siguientes conocimientos, destrezas y habilidades: manejo de sistemas informáticos por software como aplicaciones y LIMS (software de gestión de laboratorios) para programar todo, sistemas de información; toma de decisiones y datos; seguridad de la información para salvaguardarla, tecnologías nuevas, método y proceso, modelo de inteligencia de negocio; análisis de datos, manejo de nuevos equipos tecnológicos (automatización), habilidad analítica, seguimiento de instrucciones, atención al detalle, orden, interés en la técnica y empoderamiento del proceso; adaptación al cambio, compromiso permanente, proactividad, capacidad de retar y ser retados y resolución de conflictos.

•**Metrólogos y auxiliares:** Conocimientos enfocados a los equipos, la tecnología, el manejo de personal, nómina, salarios, seguridad social y modelo de inteligencia de negocio. Las destrezas requeridas serían: Atención al detalle, procesamiento de información, inteligencia artificial, control de procesos y empoderamiento del proceso. Como competencias transversales se requerirían: compromiso, autonomía, proactividad. (Ver Anexo 10. Resultados de descriptores en prospectiva laboral, Antioquia).



Dentro de los cargos nuevos para el sector se manifiestan los siguientes:

•**Director de tecnología y automatización:** Requiere los siguientes conocimientos, destrezas y habilidades: Diseño y automatización; ingeniería; física; ciencias puras, manejo de robótica; manejo en hojas de cálculo; instrumentos de medición automatizados; liderazgo; orientación al logro; orientación al cliente; compromiso. Como programas de formación se proponen los siguientes: Ingeniería en tecnología y automatización; ingeniería robótica; ingeniería en nanotecnología; física.

•**Director de tratamiento ambiental:** Como respuesta a tendencias descritas debe contar con los siguientes conocimientos, destrezas y habilidades: Tratamiento de desechos específicos; normativa ambiental, capacidad de análisis, resolución de conflictos, seguimiento de normas y procedimientos, atención al detalle, habilidades administrativas y toma de decisiones; resolución de conflictos, liderazgo, iniciativa, comunicación asertiva, trabajo en equipo. Los programas de formación requeridos son los siguientes: Ingeniería Química; Ingeniería Ambiental; Ingeniería de Producción.

•**Analista de procesamiento de datos:** Análisis e interpretación de datos; instrumentación; sensores; máquinas; métodos; ISO 17025; metrología; interpretación de información y creatividad. Se requiere especialización en automatización o manejo de datos o big data o similares como programas de formación.

•**Analista de información en variables metrológicas:** Los conocimientos requeridos son los siguientes: análisis de información; toma de decisiones; conocimiento y manejo de las variables actuales y nuevas; sistemas informáticos; programación y desarrollo de software; metrología química,



física y genética; metrología en las variables actuales y nuevas; análisis de tendencias y big-data. Con las siguientes competencias: capacidad analítica y de trabajo con alto nivel de concentración; enfoque; orientación a resultados; capacidad de medición, trabajo en equipo y atención al detalle. Dentro de los programas de formación propuestos o que pueden suplir la necesidad están los siguientes: Ingeniería biomédica; ingeniería electrónica; ingeniería de sistemas; ingeniería en metrología; Ciencias básicas (física, química, biología).

•**Asegurador de las mediciones y buenos resultados:** Deberá garantizar que los resultados obtenidos de las mediciones sean confiables; estar actualizado frente al manejo de la nueva tecnología, tener conocimientos en Matemática; física; sistemas de computo; manejo de software, identificación de posibles errores aleatorios al sistema o proceso de medición. Deberá tener las siguientes competencias: Trabajo en equipo; iniciativa; paciencia; compromiso; y tener formación académica en: Metrología y/o ingeniería metrológica.

•**Asegurador de datos o de seguridad informática:** Encargado de que la producción de desarrollo en el campo de la automatización no sea expuesta a pérdida o filtración, tener conocimientos en programación y seguridad informática, tecnología y aseguramiento de datos, administración y manejo de la información, habilidades administrativas y comerciales. Tener las siguientes habilidades y competencias técnicas: atención al detalle, iniciativa, tolerancia a presiones, liderazgo de grupo, toma de decisiones, conocimiento del negocio, habilidades organizacionales, comunicación asertiva, trabajo en equipo, liderazgo, resolución de conflictos, iniciativa y organización. Los programas de formación requeridos serían: Ingeniería de sistemas y/o especialización en seguridad informática.

•**Programador metrológico:** Dentro de sus funciones estaría el desarrollo de plantillas; la programación de calibraciones automáticas; la validación de software y la interpretación de resultados. La persona deberá saber sobre lenguajes de programación; tener conocimiento en las magnitudes a trabajar y norma ISO17025 para la parte aseguramiento de la calidad de las mediciones.

Deberá contar con destrezas de razonamiento lógico; programación de software, atención al detalle; habilidades para solución de problemas y paciencia. Dentro de los programas de formación requeridos se encuentran los siguientes: Ingeniería en automatización industrial; ingeniería mecatrónica.

•**Profesional en seguridad informática:** para este cargo se requieren los siguientes conocimientos: profesional en seguridad informática, nuevas tecnologías, programación de software, señales, controladores, ingeniería de datos, manejo de sistemas informáticos y equipos tecnológicos, gestión de calidad, capacidad de interpretación del alcance, desarrollo de herramientas informáticas para optimización de procesos. Las siguientes competencias: integridad, honestidad, comunicación asertiva, inglés. Los siguientes programas de formación: ingeniería de sistemas con especialización en seguridad informática.

•**Gerente de recursos humanos:** para este cargo se requieren los siguientes conocimientos: administración de personal, herramientas de selección. Las siguientes habilidades: manejo de personal. Las siguientes competencias: comunicación asertiva, inglés, tolerancia, paciencia y ética profesional. Los siguientes programas de formación: psicología

•**Profesional de investigación y desarrollo:** para este cargo se requieren los siguientes conocimientos: física, química, metrología, ingeniería aplicada en todos los campos, pedagogía. Las siguientes habilidades: investigación, interpretación y aplicación de nueva tecnología, desarrollo de nuevos métodos de medición, desarrollo de procedimientos técnicos.

Las siguientes competencias: creatividad, asertividad, comunicación asertiva, adaptación al cambio. Los siguientes programas de formación: ingeniería con maestría en metrología.



•**Auxiliar de mantenimiento de equipos automatizados:** Se propone como cargo nuevo en tendencia de automatización con conocimientos en mantenimiento calibración o verificación de funcionamiento de equipos y metrología avanzada. Con habilidades en matemáticas y software. Como competencias transversales se tiene en cuenta el trabajo en equipo.

•**Desarrollador de aplicaciones:** Este cargo también tiene que ver con tendencia de automatización para análisis de histogramas en temas ambientales, dentro de la funciones a desempeñar se encuentra desarrollar aplicativos que solucionen necesidades del mercado, con conocimientos y destrezas que tienen que ver con: inteligencia artificial, analítica de datos, machine learning, internet de las cosas (aplicado a laboratorios), habilidad para manejar la tecnología. Como competencia transversal se observa adaptabilidad al cambio.

•**Ingeniero de laboratorio:** Tendrá a su cargo el diseño de equipos y flujos de automatización acorde al tipo de laboratorio. Deberá tener conocimientos en: mecánica, electrónica, electricidad. Requerirá habilidades como: entender la necesidad del laboratorio, trabajo en equipo y liderazgo. Los programas de formación para el cargo pueden ser: ingeniería mecánica, eléctrica, diseñador industrial.

Dentro de los cargos en transformación muestran los siguientes requerimientos:

•**Director:** Según la tendencia sus funciones se cambiarían a: aseguramiento metrológico de acuerdo a los cambios realizados; confirmación de métodos de investigación en beneficio y aplicaciones de los materiales de origen geológico y energético. Deberá tener conocimientos, destrezas y habilidades en: Sistemas de gestión enfocados en el aseguramiento metrológico, análisis de riesgo, conocimientos en procesamiento y aplicaciones de materiales geológicos; proactividad, liderazgo y capacidad de transmisión de conocimientos; confiabilidad, trabajo en equipo, redacción de textos científicos en español e inglés.



•**Auxiliares y Analistas:** Teniendo en cuenta las tendencias planteadas anteriormente, estos cargos requerirán conocimientos en: inglés, manejo de plataforma de comunicación, propios de la tecnología a implementar, los ensayos salen a laboratorio de línea en donde otras analistas verifican aseguran que los planes del autocontrol y las condiciones de los laboratorios satélite son las apropiadas para asegurar la confiabilidad de los resultados, aprender a manejar la tecnología, software especializados y resolución de conflictos. Requerirán destrezas en: Precisión digital, conocimiento del proceso del principio al fin, de tal manera que pueda apoyar la toma de decisiones y con la aplicación de TPM (mantenimiento productivo total) y habilidad para manejar la tecnología. Requerirán competencias transversales como: Trabajo en equipo y liderazgo, capacidad de retar y ser retados, cambio cultural como dueño de proceso y autonomía, por consiguiente, debe saber escuchar, tener liderazgo, mente abierta al cambio, innovación y comunicación asertiva.

•**Metrólogos y auxiliares:** Deberá tener conocimientos enfocados a los equipos, la tecnología, manejo de personal, nómina, salarios, seguridad social, modelo de inteligencia negocio. Deberá tener las siguientes destrezas: Atención al detalle, procesamiento de información, inteligencia artificial, control de procesos y empoderamiento del proceso. Deberá tener las siguientes competencias transversales: compromiso, autonomía y proactividad. (Ver Anexo 10 Resultados de descriptores en prospectiva laboral, Bogotá D.C)



▶ Valle del Cauca



Dentro de los cargos nuevos para el sector se manifiestan los siguientes:

•**Profesional Especializado:** Requiere conocimientos en: Química analítica e instrumental avanzada, aprovechamiento de materiales geológicos, estadística avanzada, aseguramiento de la calidad analítica, gerencia de proyectos y metrología. Deberá tener las siguientes competencias transversales: Aprendizaje continuo, orientación a resultados, orientación al usuario y al ciudadano, compromiso con la organización, trabajo en equipo, adaptación al cambio, capacidad de innovación, capacidad de análisis, visión estratégica, liderazgo efectivo, planeación, toma de decisiones, gestión del desarrollo de las personas, pensamiento sistémico, resolución de conflictos y redacción de textos científicos en español e inglés.

•**Ingeniero de ensayos:** Como respuesta a tendencias descritas debe contar con conocimientos, destrezas y habilidades en: planeación y realización de ensayos de altas corrientes y tensiones; ISO 17025; fundamentos de metrología; incertidumbre; validación de métodos de ensayo; ensayos de aptitud; periodos de recalibración; riesgos; aseguramiento de la calidad de los resultados; conocimiento técnico de cada uno de los métodos en ensayo; administración de personal y comunicación asertiva. El programa de formación requerido es: ingeniería eléctrica.

•**Técnico de mantenimiento metrológico:** Se encargará de velar porque los equipos estén operativos; asegurar el correcto funcionamiento de los equipos desde el punto de vista metrológico, asegurar que se realicen las calibraciones en las fechas correspondientes, elaborar y ejecutar el adecuado plan metrológico. Deberá tener las siguientes destrezas: capacidad para arreglar y realizar el mantenimiento de los equipos; manejar las frecuencias de calibraciones de los equipos y sus verificaciones.

Deberá tener formación como: Técnico de mantenimiento, técnico/tecnólogo en electrónica; técnico/tecnólogo en aseguramiento metrológico.

Dentro de los cargos en transformación muestran los siguientes requerimientos:

•**Coordinador de laboratorio:** Según la tendencia sus funciones cambiarían de la siguiente manera: participación en ensayos con empresas internacionales; adopción y conocimientos de normas aplicadas en diferentes países. Deberá tener conocimientos en: nuevos métodos; conocimiento en el funcionamiento de nuevos equipos; nuevas normativas, bilingüismo y relacionamiento con otras culturas y países que manejan el tema; conocimiento en importaciones y exportaciones temporales. Deberá tener las siguientes competencias: proactividad; comunicación asertiva; adaptación al cambio.

•**Auxiliares y Analistas:** Teniendo en cuenta las tendencias planteadas anteriormente, estos cargos requerirán los siguientes conocimientos: manejo de nuevas tecnologías, manejo de equipos y habilidad para identificar fallas y verificar el aseguramiento de los resultados. De igual manera, requerirá agilidad en los procesos como competencia transversal. (Ver Anexo 10: Resultados de descriptores en prospectiva laboral, Valle del Cauca)



▶ 3. Análisis de oferta educativa

3.1. Contexto de la oferta educativa para el sector a nivel regional y nacional:

Se revisa la oferta educativa que tiene que ver con el sector de laboratorios desde dos perspectivas:

La primera perspectiva tiene que ver con el sistema nacional de información de educación superior (SNIES), encontrándose un total de 169 programas de los cuales el 15% (n=25) corresponden a doctorados, el 21% (n=36) a maestrías, el 7% (n=11) a especializaciones y el 57% (n=97) restante a programas de pregrado. Por regiones Bogotá mantiene el liderato en programas de pregrado y Medellín supera la oferta en Doctorados y Maestrías relacionadas con el sector.

Del total de programas universitarios (95), Especializaciones (5), maestrías (39) y Doctorados (26), por regiones Bogotá aporta al sector 48 (50%) programas universitarios, 16 (41%) Maestrías y 10 (38%) Doctorados; Medellín participa con 33 (35%) programas universitarios, 5 (100%) especializaciones, 19 (49%) Maestrías y 11 (42%) Doctorados y Cali con 14 (15%) programas universitarios, 4 (10%) Maestrías y 5 (19%) Doctorados.

La segunda perspectiva tiene que ver con los programas ofertados por el servicio nacional de aprendizaje SENA evidenciándose un total de 15 programas, entre ellos 10 tecnológicos, 3 técnicos, un curso específico y una especialización tecnológica. Vale la pena señalar que en SIET y ETDH no se encontraron programas con la especificidad requerida para ser incluidos en el mapeo.

Existen dificultades en la identificación de competencias transversales porque no se encuentran en cada programa, sino en el Plan Educativo del mismo o en el Plan Educativo Institucional que no siempre está disponible al público; en cuanto a las competencias específicas es circunstancial, ya que no todas las universidades o todos los programas se desarrollan por competencias y mucho menos tienen en cuenta habilidades y destrezas.



Por lo anterior, se deben retomar objetivos de formación en aquellos programas en donde no se evidencian las competencias como tal.

3.2. Breve descripción metodológica de este componente:

La metodología de este componente se basa en la revisión de las fuentes secundarias de las universidades y los programas de interés para la identificación de brechas de capital humano del sector laboratorios. Como fuentes primarias se visitaron universidades, centros técnicos y tecnológicos, sin embargo, la respuesta de la ETDH no fue la esperada, debido a que la especificidad de la formación en metrología no es ofertada por la gran mayoría de estas instituciones.



▶ Antioquia



Se visitan dos (2) centros de formación superior: Universidad de Antioquia en donde se verificó el Núcleo de Calidad y metrología que se imparte en los programas de Microbiología Industrial y en el posgrado de microbiología y bioanálisis, haciendo énfasis en competencias técnicas como: atención para el diagnóstico, control y seguimiento de pacientes por el laboratorio clínico, trabajo en prevención de la enfermedad y promoción de la salud, integración entre los contenidos del ciclo básico con los del profesional, integración entre los contenidos de los componentes, núcleos y proyectos curriculares, articulación entre la teoría y la práctica, comprensión y comparación entre lo normal y lo patológico, comprensión y abordaje de los determinantes de la salud, problematización e investigación en el laboratorio clínico y en el laboratorio de salud pública, interdisciplinariedad y comunicación del saber específico. Los egresados deben tener competencias transversales como: Capacidad de integrarse a un equipo de salud, capacidad de trabajar con la comunidad en actividades de atención en salud, prevención de la enfermedad y promoción de la salud, capacidad de comunicarse, ser ético, conocedor del marco legal para el ejercicio de su profesión y su ciudadanía, ser líder.

En la Universidad Pontificia Bolivariana se indaga sobre el programa de Maestría en ciencias naturales y matemáticas del cual el egresado adquiere como competencias técnicas y transversales: pensamiento estratégico, gerencia de proyectos tecnológicos y de innovación, aplicabilidad de las ciencias naturales a la solución de problemas del entorno, competencia metrológica con el rigor y la formación, gestión de la medición aseguramiento de la calidad. aplicación del vocabulario metrológico en la realidad. De igual manera, adquiere competencias como: resolución de problemas, modelación y herramientas tecnológicas de la información para la divulgación del conocimiento científico y virtualización. En programas de ingeniería química, industrial y mecánica se trabaja mediciones desde primer semestre, análisis de datos y análisis de incertidumbre.

Se tendrán en cuenta la parte normativa y técnica, sin embargo, hasta el momento la ruta de la metrología se oferta en doble vía en optativa o como curso de educación continuada.

En el Instituto Tecnológico Metropolitano se tiene en cuenta el programa de Maestría en Metrología en donde se pretende que el egresado: analiza, comprende e interpreta fenómenos y procesos de medición asociados con su área de énfasis; clasifica y analiza literatura científica para identificar un área problemática de investigación y posteriormente un problema de investigación; Conoce, comprende, interpreta y argumenta críticamente la literatura científica de su área de conocimiento; utiliza y genera técnicas, teorías, prácticas y herramientas científicas modernas para solucionar problemas relacionados a los procesos de medición en su área de énfasis; participa activamente en grupos de investigación interdisciplinarios; aplica y genera nuevos conocimientos en su área de énfasis a través del desarrollo de proyectos de investigación; identifica y plantea alternativas de solución a problemas asociados a su área de trabajo; innova, evalúa, optimiza y concibe el uso de nuevas metodologías de solución aplicadas a problemas de la vida real en su área de énfasis; reconoce el impacto de las soluciones científicas en metrología en el contexto global de la sociedad; reconoce el rigor ético y científico de su trabajo de investigación; incorpora conocimientos de otras disciplinas asociados a las investigaciones que realiza en su área de trabajo; produce resultados de investigaciones de nivel avanzado con aportes significativos al estado del arte; participa en actividades docentes, entre otras.



En programas de formación técnica y tecnológica relacionada con Metrología y laboratorios se revisa el programa de tecnología en química industrial y de laboratorio que ofrece el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid que pretende formar a sus estudiantes mediante los siguientes contenidos: Práctica formativa en laboratorio, Desarrollo Sostenible, cátedra en química Industrial y de Laboratorio, investigación y desarrollo II, y práctica profesional. Estas materias le otorgan un valor agregado al programa y proporcionan conocimientos adicionales en el manejo y aplicación de Software Químico Especializado; en el tratamiento y análisis de diferentes cuerpos de aguas y en la apropiación de normas ISO. (Anexo 4. Matriz de sistematización programas de formación Antioquia).



En el Distrito Capital se visita la universidad de los Andes y se tienen en cuenta los programas de ingeniería ambiental y civil en donde no se evidencian competencias relacionadas con laboratorios y metrología de manera específica. Por otro lado, el programa de ingeniería electromecánica de la Fundación Universitaria Autónoma de Colombia, al que también se le realizó la visita respectiva, incluye dentro de su programa prácticas el área de automática y energética en: Laboratorio de Automatización y Control, laboratorio de Instrumentación y Simulación de Procesos Industriales, laboratorio de electrónica, electrotecnia y electrónica de potencia.

Con relación a programas tecnológicos se visita el SENA, específicamente el programa de aseguramiento metrológico que incluye identificación de necesidades metrológicas asociadas al SIU, vocabulario internacional de metrología y fundamentos, aseguramiento metrológico, mantenimiento verificación, calibración de instrumentos de medición en metrología, ejecución de mediciones desde el punto de vista de la metrología, diseño, empleo de métodos, conocimientos y evaluación de los fundamentos de medición, generalidades de la calidad relacionada con metrología SGC,



análisis de fallos, mejora continua, evaluación criterios de instrumentos de evaluación, pruebas y mediciones, tipos de pruebas, protocolos de pruebas, protocolos de pruebas, unidades de medida variables y rangos de medición, interpretación de resultados, rangos de funcionamiento según tipo de equipo, parámetros de puesta en marcha del equipo y protocolos de seguridad eléctrica. Otra de las visitas realizadas fue a la fundación del Área Andina al programa de tecnología de alimentos que evidencia: competencias para determinar la composición y características de los alimentos, en los procesos de fabricación, manipulación, almacenamiento, conservación, desarrollo, control de calidad y administración de recursos. En la universidad ECCI se reconoce el programa de Tecnología en Procesos Químicos Industriales y en la Academia Nacional de Aprendizaje ANDAP se verifica el programa de técnico laboral en Auxiliar en mantenimiento electrónico y eléctrico (Anexo 5. Matriz de sistematización programas de formación Bogotá).



▶ Valle del Cauca



En la Ciudad de Cali se visitan las universidades del Valle y la Santiago de Cali específicamente en los programas de Ingeniería electrónica y Bioingeniería respectivamente, encontrándose que el programa de bioingeniería fomenta competencias para el diseño, el mejoramiento, la administración e implementación de tecnologías biomédicas y su infraestructura hospitalaria, así como capacita para la gestión y el desarrollo de procesos ambientales que contribuyen a la solución de situaciones relacionadas con la salud, el mejoramiento de la calidad de vida y el medio ambiente. Por otra parte, el programa de ingeniería electrónica hace énfasis en la especificidad frente a conceptos como: alta tensión; transformadores; motores; sistema de potencia; mercados de electricidad; fuentes alternas; smart grip y automática.

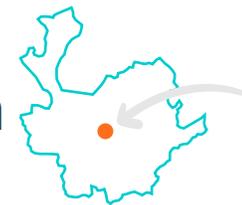
Dentro programas tecnológicos y técnicos ofertados por el SENA REGIONAL VALLE ASISTENCIA TECNICA A LA INDUSTRIA (ASTIN) se encuentra: tecnología aseguramiento metrológico industrial, Gestión en laboratorios de ensayo y calibración - norma ISO/IEC 17025 (virtual y presencial), Análisis de materiales para industrial, química industrial y programa de técnico en alistamiento de laboratorios de análisis y ensayos, todos estos programas como respuesta a las necesidades de la industria vallecaucana relacionados con el sector analizado. (Anexo 6. Matriz de sistematización programas de formación Valle del Cauca).

3.3 Análisis cuantitativo de cifras de oferta educativa,

3.3.1 Caracterización de programas de formación

Dentro de las características de los programas de formación analizados según el Sistema Nacional de Información para Educación Superior (SNIES), el Sistema de Información de Educación para el Trabajo (SIET), el SENA y la revisión de fuentes secundarias sobre oferta formativa no formal disponible a nivel regional y nacional, se encuentra por zonas entrevistadas la siguiente información:

▶ Antioquia



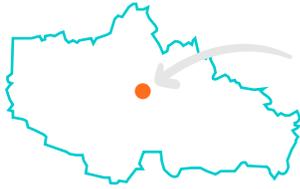
Dentro de los programas de educación superior revisados en SNIES se encuentra que el 16% (n=11) corresponden a Doctorados, el 26% (n=18) a maestrías, el 13% (n=9) a especializaciones, el 44% (n=31) a programas de pregrado y el 6% (n=4) restante a formación tecnológica. Del total de programas universitarios (n=31), los programas más frecuentes en la región son los de ingeniería con un 55% (n=17), seguido por los de química y microbiología con el 13% (n=4) respectivamente y el 19% (n=6) restante equivale a los programas de matemáticas, física y bacteriología.

En los posgrados se evidencia un comportamiento similar, ya que los doctorados, las maestrías y las especializaciones muestran mayor número de programas en áreas relacionadas con Ingeniería, seguidas por ciencias básicas (química, física y matemáticas) y biológicas (microbiología y biología)

La formación tecnológica se reduce a cuatro programas de interés que son: tecnología química, química industrial, química textil y aseguramiento metrológico. Es importante señalar que sólo hay un programa virtual de posgrado en Matemáticas ((Anexo 13. Caracterización de programas de formación Antioquia).



► Bogotá



Dentro de los programas de educación superior revisados en SNIES se encuentra que el 60% (n=53) corresponde a pregrado, el 16% (n=14) corresponde a maestrías, el 10% (n=9) corresponde a doctorados, el 11% (n=10) corresponde a programas tecnológicos y el 2% (n=2) restante corresponde a formación técnica. Del total de programas universitarios (n=53), los programas más frecuentes en la región son los de ingeniería con un 49% (n=26), seguido por los programas de ciencias básicas con el 47% (n=25) y el 4% (n=2) restante lo ocupa bacteriología.

En los posgrados se evidencia un comportamiento similar, ya que los programas de doctorado, maestría y especialización muestran mayor número de programas en áreas relacionadas con Ingeniería, seguidas por ciencias básicas (química, física y matemáticas) y biológicas (microbiología y biología).

La formación tecnológica muestra 9 programas relacionados con el sector: tecnología en química industrial, química aplicada a la industria, química textil, distribución física internacional, diseño e integración de automatismos, mecatrónica, mantenimiento electromecánico industrial, mantenimiento mecánico industrial, mantenimiento de equipos médicos y química industrial que es ofertado por la Universidad del Rosario; los demás programas son ofertados por el SENA. A nivel técnico se cierra la oferta con los programas de técnico electricista industrial y técnico en laboratorio de suelos. La región solo muestra programas de formación virtual en nivel tecnológico (Anexo 13 Caracterización de programas de formación Bogotá D.C).

► Valle del Cauca



VALLE DEL CAUCA

Dentro de los programas de educación superior revisados en SNIES se encuentra que el 52% (n=13) corresponden a pregrado, 20% (n=5) a doctorados, el 16% (n=4) a maestrías y el 12% (n=3) a programas tecnológicos. Del total de programas universitarios (n=53), los programas más frecuentes en la región son en igual proporción los de ingeniería y los de ciencias básicas con el 46% (n=6) respectivamente, seguidos por bacteriología con el 8% (n=1).

Los posgrados con mayor número de programas se muestran en el campo de las ciencias básicas, seguidos por los de ingeniería y las ciencias de biológicas. La formación tecnológica muestra 2 programas en tecnología en química en las sedes de Yumbo y Cali ((Anexo 13 Caracterización de programas de formación Valle del Cauca).

3.3.2. Análisis de matriculados y egresados

Para analizar la relación que existe entre los matriculados y los egresados, se debe tener en cuenta la duración del programa en semestres y un periodo estimado de seis meses para obtener el título, tal como se muestra a continuación: Doctorados matriculados 2013, maestrías 2015, especializaciones 2016, pregrados 2013 y egresados 2018.



Tabla 1. Matriculados vs graduados programas de interés sector laboratorios por región según SNIES 2020

PROGRAMA	BOGOTA			ANTIOQUIA			VALLE DEL CAUCA		
	MATRICULADOS	EGRESADOS 2018	%	MATRICULADOS	EGRESADOS 2018	%	MATRICULADOS	EGRESADOS 2018	%
BACTERIOLOGIA	2316	122	5%	693	53	8%	255	11	4%
DOCTORADO EN BIOTECNOLOGÍA	75	4	5%	115	6	5%	0	0	0%
DOCTORADO EN CIENCIAS- BIOQUIMICA	13	1	8%	0	0	0%	0	0	0%
DOCTORADO EN CIENCIAS- FISICA	127	11	9%	87	0	0%	34	0	0%
DOCTORADO EN CIENCIAS- QUIMICA	60	15	25%	177	9	5%	43	3	7%
DOCTORADO EN CIENCIAS- MATEMATICAS	42	1	2%	36	2	6%	46	1	2%
DOCTORADO EN INGENIERIA MECANICA Y MECATRÓNICA	28	1	4%	0	0	0%	0	0	0%
DOCTORADO EN INGENIERIA	47	5	11%	24	0	0%	0	0	0%
FISICA	337	80	24%	535	7	1%	222	10	5%
INGENIERÍA INDUSTRIAL	60029	2008	3%	6914	299	4%	1507	52	3%
INGENIERÍA MECÁNICA	11639	466	4%	4812	216	4%	765	50	7%
INGENIERÍA MECATRÓNICA	3340	39	10%	2457	46	2%	765	50	7%
INGENIERÍA QUIMICA	1091	629	8%	3090	159	5%	537	47	9%
LICENCIATURA EN FISICA	50	13	26%	0	0	0%	0	0	0%
LICENCIATURA EN QUIMICA	1091	119	11%	0	0	0%	0	0	0%
MAESTRIA EN BIOQUÍMICA	50	13	26%	0	0	0%	0	0	0%
MAESTRÍA EN FÍSICA	64	0	0%	82	10	12%	35	0	0%
MAESTRIÍA EN GEOFÍSICA	78	9	12%	0	0	0%	0	0	0%
MAESTRÍA EN INGENIERÍA FÍSICA	306	54	18%	103	5	5%	42	0	0%
MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA	186	38	20%	32	4	13%	0	0	0%
MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA	72	14	19%	66	0	0%	0	0	0%
MAESTRÍA EN MATEMÁTICAS	143	26	6%	854	28	3%	228	7	3%
MAESTRIA EN QUÍMICA	164	32	20%	62	43	3%	7	0	0%

Fuente: Estadísticas Sistema Nacional de Información para la Educación Superior. SNIES matriculados 2013,2014, 2015, 2016, graduados 2018.

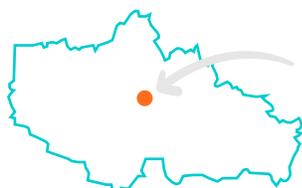


▶ Antioquia



Según SNIES, la región muestra una oferta educativa interesante para el sector, sin embargo, los resultados entre el total de matriculados en los programas de formación y los egresados, evidencian lo siguiente: de programas de doctorado 439 se gradúa el 4% (n=17), de maestrías el 7% (n=44) de un total 630 estudiantes. Por otra parte, de programas de pregrado se gradúa el 5% (n=1018) de 21505 matriculados. Es importante señalar que el programa de maestría en metrología, no se encuentra registrado en 2017 y no hay datos de 2018. (SNIES, 2013,2014,2015,2016, 2017, 2018).

▶ Bogotá



Bogotá muestra oferta educativa que podría cubrir las necesidades del sector de laboratorios con robusto número de matriculados. Sin embargo, el número de egresados está por debajo de la media esperada del 50%, tal como lo demuestran las cifras del total de matriculados en programas de doctorado (n=292) se gradúa el 13% (n=38), de maestrías el 17% (n=186) de un total 1063 y de programas de pregrado el 5% (n=4313) de 92161 matriculados. (SNIES, 2013,2014,2015,2016, 2017, 2018).

▶ Valle del Cauca



El Valle demuestra una condición similar a lo que ocurre en las demás regiones en cuanto a resultados, con una diferencia, la oferta educativa para el sector es menor. No obstante, el comportamiento en cifras es similar del total de matriculados en programas de doctorado (n=123) se gradúa el 5% (n=4), de maestrías el 9% (n=9) de un total 104 y de programas de pregrado el 5% (n=689) de 14401 matriculados. (SNIES, 2013,2014,2015,2016, 2017, 2018).

Los datos anteriormente consignados, no permiten establecer un cierre de brechas de cantidad, ya que lo evidenciado en cuanto a número de programas y matriculados, no corresponde a los egresados por región. Además al revisar los condensados de las estadísticas del SNIES tampoco muestran egresados.

En cuanto a programas técnicos y tecnológicos las estadísticas disponibles hablan de inscritos, vacantes y ocupados que en nada se parecen lo requerido. (SENA, 2020)



3.4. Análisis cualitativo de los programas de formación relacionados con el sector.

Los programas de doctorado, maestrías, universitarios, tecnológicos y técnicos documentados como fuente secundaria, se muestran acordes a los perfiles profesionales obtenidos en las encuestas semiestructuradas en cada región visitada, no obstante, al comparar las competencias, destrezas y habilidades de la oferta educativa de cada universidad con las necesidades del sector, no se evidencian en los planes de estudios conceptos como: metrología básica y/o avanzada, instrumentos de medición, variables, vocabulario metrológico y todo lo relacionado con el funcionamiento de un laboratorio de calibración por ejemplo, en donde se deben verificar métodos y estimar incertidumbre. Además de esto, no hay información en los sobre las prácticas en laboratorio que tampoco son referidas en mencionados planes. Por lo mismo, es presuntuoso tratar de establecer brechas de calidad a partir de lo consignado en un plan de estudio que puede no mostrar la realidad del programa de formación. Esto no ocurre con los programas tecnológicos como el de aseguramiento metrológico industrial, en donde se evidencian claramente los contenidos del curso. Es diferente que los egresados de los programas no demuestren lo aprendido o no sea suficiente para el desempeño de la labor encomendada. (Ver anexo Cuadro de salida para análisis de oferta para Educación Superior, ETDH y lo que se haya encontrado de educación no formal)

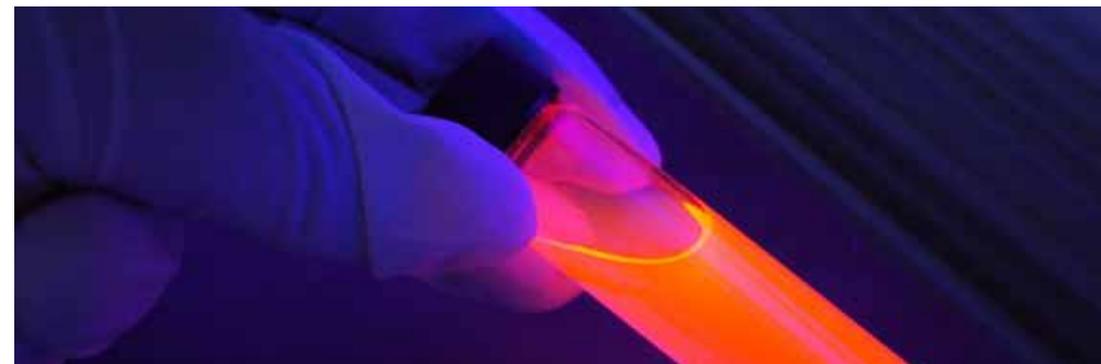


▶ 4. Análisis de Brechas de Capital Humano

4.1. Contexto de las brechas de capital humano para el sector a nivel regional y nacional

En términos generales, los laboratorios entrevistados en los departamentos de Valle del Cauca, Antioquia y en la ciudad de Bogotá, clasificados como laboratorios de ensayo y laboratorios de calibración, exponen que las personas que trabajan en estos laboratorios llegan con conocimientos deficientes, ya que existen pocos programas de formación académica que desarrollan los aspectos de la metrología a profundidad, y el conocimiento enseñado cuenta con experiencia práctica deficiente. De igual manera, los laboratorios entrevistados resaltan que la mayoría de trabajadores son formados en la empresa, ya que cada laboratorio maneja unas variables y mediciones específicas que requieren de conocimiento y entrenamiento particular, que no se enseña en los programas técnicos, tecnológicos, de pregrado y/o posgrado.

Dentro de las regiones definidas para el estudio de identificación de brechas de capital humano del sector laboratorios (Antioquia, Bogotá y Valle del Cauca), sólo se encontró un estudio previo relacionado con el mismo en materia de metrología en el Departamento de Antioquia pero que aplica para los hallazgos encontrados en los lugares estudiados, el cual se relaciona a continuación:



▶ Antioquia



Existe un análisis de la situación de la metrología desde la subred de academia realizado por la Universidad Pontificia Bolivariana que se constituye en derrotero para determinar el estado real de la problemática y que permite entender el por qué las competencias en metrología son deficientes a partir de las dimensiones: formativa, política, cultural, diagnóstica y de infraestructura. (Sabogal, 2019).

Esta dimensión muestra la problemática y las debilidades en metrología de los programas de formación, incluyendo la falta de rigor metrológico, el desconocimiento de la sociedad sobre metrología y sus implicaciones. (Ver ilustración 1).



Ilustración 1. Dimensión formativa en la deficiencia de competencias en Metrología, UPB Julio 2018.



Fuente: Árbol problemas subred metrología IHMC, Cmap Tools. Universidad Pontificia Bolivariana. Julio de 2018.



Ilustración 2. Dimensión política en la deficiencia de competencias en Metrología, UPB Julio 2018

La metrología no es un negocio

Dificultad para hacer mentalmente comparaciones

Falencias en leyes, normas y regulación.

Faltan exigencias para trabajar en metrología científica

Exigencia nula de rigor metrológico en la investigación en los servicios de ensayo y calibración.

No se cuenta con redes de apoyo en investigación

Poca ayuda e interacción entre Universidad, Estado y Sociedad.

No existen políticas claras a nivel País que logren transversalidad de la metrología.

Monopolio y centralización de patrones

La dimensión política demuestra cómo desde las exigencias de la normatividad vigente, se presentan vacíos en política metrológica, en sistemas regulatorios y en la interacción entre los actores interesados.

La ilustración 3 evidencia claramente la situación de laboratorios en cuanto a inventario, claridad y por ende a la inoportuna detección de las necesidades metrológicas específicas del sector.



Fuente: Árbol problemas Subred Metrología. IHMC, Cmap Tools. Universidad Pontificia Bolivariana. Julio de 2018.



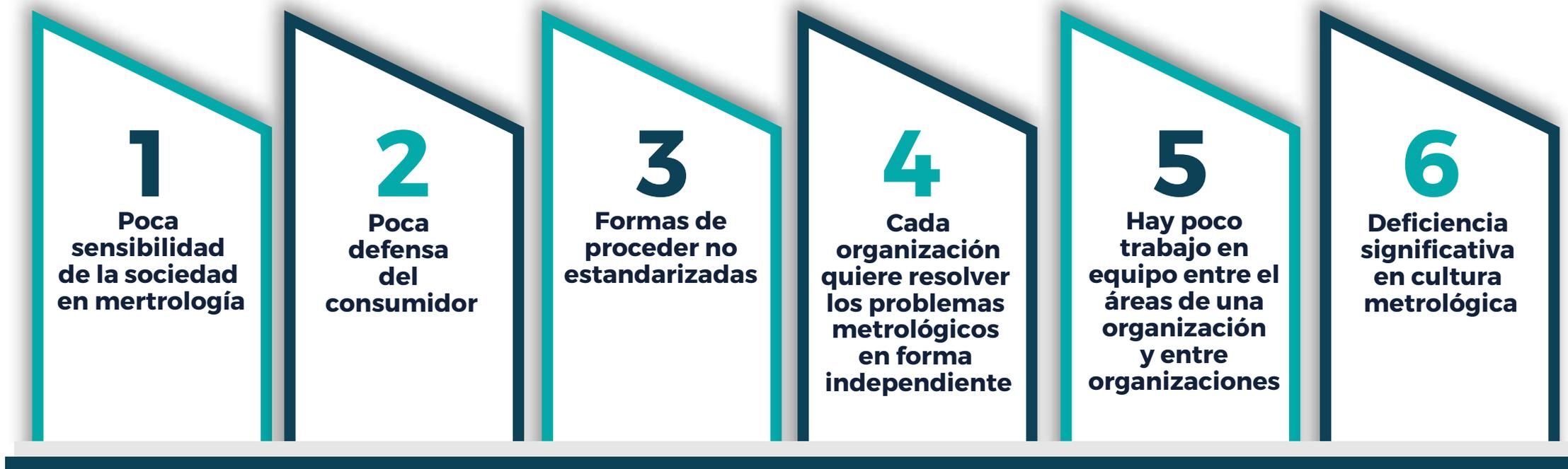
Ilustración 3. Dimensión de diagnósticos en la deficiencia de competencias en Metrología, UPB Julio 2018.



Fuente: Árbol problemas Subred Metrología. IHMC, Cmap Tools. Universidad Pontificia Bolivariana. Julio de 2018.



Ilustración 4. Dimensión cultural en la deficiencia de competencias en Metrología, UPB Julio 2018.



Fuente: Árbol problemas Subred Metrología. IHMC, Cmap Tools. Universidad Pontificia Bolivariana. Julio de 2018.

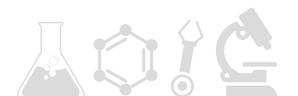
En la dimensión cultural se concentran las inquietudes que tienen que ver con la manera de abordar los temas metroológicos, por la sociedad que no conoce del tema y que nunca ha tenido contacto con mediciones, como si se tratara de un tema ajeno a la cotidianidad, cuando la ciencia de las mediciones está en todas partes.



Ilustración 5. Dimensión de infraestructura en la deficiencia de competencias en Metrología, UPB Julio 2018.



La problemática planteada desde la subred de academia en Antioquia, se relaciona con las brechas existentes en el sector. Desafortunadamente, estas problemáticas sólo han sido visibles desde la academia para la academia, por lo que las universidades que pertenecen a la subred del departamento vienen trabajando en lograr un alto desarrollo y desempeño en las competencias metroológicas. Algunas con más avances que otras, en el caso específico de la UPB se logran ubicar todos los laboratorios en un solo edificio con acceso para todas las escuelas o facultades, con el fin de que sigan una ruta de formación metroológica, la cual ha sido planteada desde la Escuela de Ingeniería y que servirá para desarrollar capacidades y competencias metroológicas requeridas en los diferentes programas y niveles de formación. Esta iniciativa se ha replicado en otras instituciones como la Universidad Nacional, la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidad de los Andes.



4.2 Breve descripción de las tipologías de brechas a identificar (cantidad, pertinencia, calidad)

Para el desarrollo del ejercicio de identificación y medición de brechas de capital humano en el sector de laboratorios, se realizará un análisis en las brechas cantidad, pertinencia y calidad identificadas en los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca y en la ciudad de Bogotá. Para ello, se entiende cada una de las brechas de la siguiente manera:

•**Brecha de cantidad:** El indicador determina el desbalance existente entre la oferta y la demanda laboral, la oferta laboral potencial y las vacantes actuales, el déficit de programas de educación superior y ETDH, y el déficit de demanda por programas de formación. Para ello, se determinan factores como:

-La diferencia entre el número de vacantes publicadas para los cargos de laboratorio frente al número de aspirantes que buscan y aplican a la vacante, siendo brecha cuando hay pocos aspirantes para la vacante.

-La diferencia entre el número de estudiantes graduados que se presentan en los programas formativos y que no corresponden con la demanda del mercado laboral, siendo brecha cuando hay pocos graduados en los programas requeridos para desempeñar el cargo en los laboratorios.

-Los programas de formación que no existen o que pocas instituciones educativas los ofrecen pero que son necesarios para el mercado laboral.

-La baja demanda de estudiantes en los programas que requiere el mercado laboral del sector de laboratorios, así exista una oferta suficiente de programas de formación requeridos.

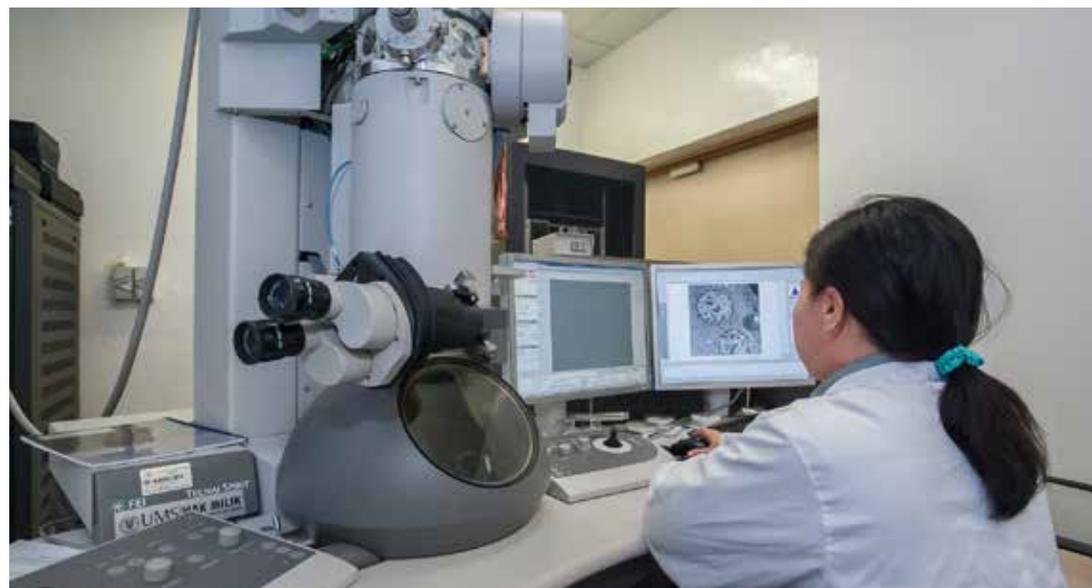
•**Brecha de pertinencia:** El indicador determina el desbalance existente entre las competencias (conocimientos, habilidades y actitudes) requeridas por los laboratorios y aquellas en las que forman los programas educativos, y la participación del sector laboratorios en la planeación de la oferta formativa. Para ello, se determinan factores como:

-Análisis de las competencias requeridas para desempeñarse eficazmente en cada uno de los cargos de los laboratorios frente a las competencias en las que forman los programas educativos requeridos por el sector.

-Identificar si la empresa ha participado en la planeación de la oferta formativa (diseño curricular, perfiles ocupacionales, perfil del tutor, pedagogía, prácticas, etc.)

•**Brecha de calidad:** El indicador determina cuando la demanda presenta deficiencias en las competencias en las que la oferta educativa forma. Para ello, se determina el siguiente factor:

-Analizar si los programas formativos forman en competencias en las que la demanda laboral presenta deficiencias.



4.3 Análisis de brechas de cantidad

De acuerdo a lo evidenciado en los programas de formación a nivel tecnológico, universitario y de posgrado que incluyen metrología y/o que se requieren en los laboratorios entrevistados en los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca y en la ciudad de Bogotá, se evidencia una brecha importante, ya que hay diferentes universidades que enseñan metrología en diferentes programas de formación (principalmente en ingenierías y ciencias puras), pero de manera general y no específica en los pénsum.

De acuerdo a lo indicado por los empleadores, hay una oferta amplia laboralmente, pero los conocimientos y la práctica que se requieren para los cargos no son cubiertos por la formación académica, ya que son demasiado básicos, y la práctica no es la esperada en las diferentes magnitudes, los instrumentos de medición y los métodos requeridos.

Por esta razón, quienes entran a ocupar las diferentes vacantes deben entrenarse constantemente en el laboratorio para suplir la falta de conocimientos y destrezas. Debido a esto, los laboratorios entrevistados coincidieron en que, al presentarse vacantes, en lugar de buscar suplir el cargo de manera externa, prefieren ascender a una persona que ya trabaje en el laboratorio y que conoce el manejo de las variables y magnitudes trabajadas, enfatizando en que estos laboratorios funcionan en su gran mayoría como escuelas de formación por la dificultad de encontrar los perfiles con los conocimientos y habilidades requeridas.

La brecha de cantidad disminuye considerablemente en materias que tienen formación práctica en laboratorios de instituciones de educación superior como: la Universidad de los Andes, la Universidad Javeriana, la Universidad Nacional, la UPB, la Escuela de Ingenieros, la Universidad del Valle, ICESI y EAFIT.

Otro de los hallazgos del estudio fue la inexistencia de programas de química de alimentos en las ciudades visitadas, mientras que la carrera técnica de aseguramiento metrológico industrial del SENA es la que generalmente cumple con algunos de los requerimientos en las ofertas laborales, pero de manera deficiente.



Por último, son varios los programas de formación que serían ideales para formar a quienes trabajan en los laboratorios entrevistados en los lugares señalados (Antioquia, Valle del Cauca y Bogotá) pero que no existen o no se encuentran en la zona geográfica específica. Estos son los programas mencionados por las empresas:

-En la ciudad de Bogotá no existen carreras ni programas de formación como la Ingeniería en Metrología, la formación de espectro fotómetros, la dirección de laboratorios, la validación de métodos cuantitativos y cualitativos, la formación en ensayos de aptitud, el programa en el uso del material de referencia certificado, la especialización o el máster en metrología o aseguramiento metrológico y la formación en ciencias nucleares.

-En el departamento de Antioquia no existen carreras ni programas de formación como el curso en control de calidad, curso en calidad de laboratorios, curso en control metrológico, curso en métodos y estimación de incertidumbre, curso en estadística aplicada, curso en enfoques estratégicos, curso en sistemas de gestión, curso en ISO 17025 y 900, curso en diagnóstico de equipos y Doctorado en Geoquímica.

-En el departamento de Valle del Cauca no existen carreras ni programas de formación como el Doctorado en Geoquímica y la Ingeniería en Metrología.



4.4 Identificación de déficit de demanda por algunos programas de formación asociados con el sector

De acuerdo a lo indicado por los laboratorios entrevistados en los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca y en la ciudad de Bogotá, hay múltiples carreras y programas de formación que se acercan a las necesidades que requieren los laboratorios, a pesar de que la formación existente en metrología es deficiente. Por lo tanto, destacan carreras en el campo de la Ingeniería y de las ciencias puras, cuyos egresados pueden desempeñar diversas labores que requieren los laboratorios, además de contar en los pensum con materias que brindan algunos conocimientos y experiencia práctica en el campo de la metrología.

No obstante, es difícil determinar un déficit de demanda en términos generales, ya que los programas son muy variados y los productos de los laboratorios también, debido a que requieren trabajadores con conocimientos en variables particulares que se adquieren a partir del entrenamiento en laboratorio. Por esta razón, muchos laboratorios eligen aprendices y pasantes que una vez terminan su formación académica, se vinculan a los laboratorios y reciben un entrenamiento que les permite ascender y ocupar cargos superiores que queden vacantes. Sin embargo, en las áreas de Ingeniería y las ciencias básicas se presenta una baja cifra de egresados, particularmente en las ciencias básicas en las que destacan los egresados de física y matemáticas por su bajo porcentaje de egreso en las tres zonas estudiadas, tal como se puede ver en la tabla 1 del punto 3.3.2 que analiza el número de matriculados frente al de egresados.

4.5 Análisis de brechas de pertinencia y de calidad

De acuerdo a lo evidenciado en las competencias presentes en los diferentes cargos del sector de laboratorios en los departamentos de Antioquia, Valle y la ciudad de Bogotá, se puede concluir que se presentan brechas de pertinencia de la siguiente manera:

▶ Antioquia



•**Director del Laboratorio:** La formación adquirida en el pregrado (nivel de estudio mínimo para el cargo) presenta brechas en liderazgo; planeación; manejo del tiempo; toma de decisiones estratégicas que son conocimientos, destrezas y habilidades necesarias para desempeñarse como director/a de laboratorio y en las que se identificaron debilidades y carencias comunes en diferentes laboratorios de la ciudad.

•**Coordinador de Laboratorio:** La formación adquirida en el nivel técnico/pregrado (nivel de estudio mínimo para el cargo) presenta brechas en la capacidad analítica de aquellos que desempeñan el cargo, así como liderazgo, orientación a resultados; el nivel de matemáticas y estadística muchas veces presenta falencias en las actividades requeridas.

El conocimiento de los ensayos en laboratorios y la instrumentalización de los equipos no es de calidad suficiente en los programas de formación por lo que se adquiere este conocimiento con la práctica y la experiencia adquirida en los laboratorios.



•**Gestor de calidad:** La formación adquirida en el nivel técnico/pregrado (nivel de estudio mínimo para el cargo) presenta brechas en el nivel adecuado de análisis cuantitativo y cualitativo, de matemáticas, así como en atención al cliente, liderazgo y comunicación asertiva que son aspectos claves para desempeñarse en la función y que la formación académica debería otorgar.

•**Analista de laboratorio:** La formación adquirida en el nivel técnico/pregrado (nivel de estudio mínimo para el cargo) presenta brechas en la capacidad analítica de aquellos que desempeñan el cargo, así como la comunicación asertiva, la toma de decisiones y el manejo del tiempo; el nivel de matemáticas y estadística muchas veces presenta falencias en las actividades requeridas. El conocimiento de los ensayos en laboratorios y la instrumentalización de los equipos no es de calidad suficiente en los programas de formación, por lo que se adquiere este conocimiento con la práctica y la experiencia adquirida en los laboratorios.

•**Asistente de laboratorio:** Debido a que en la mayoría de los casos el cargo de analistas es desempeñado por bachilleres, se presentan brechas en diferentes competencias en las que se van entrenando a medida que van trabajando en el laboratorio, adquiriendo experiencia y conocimiento.



•**Director del Laboratorio:** La formación adquirida en el pregrado (nivel de estudio mínimo para el cargo) presenta brechas en liderazgo; trabajo en equipo; planeación; matemáticas; dirección y desarrollo de personal y comunicación asertiva que son conocimientos, destrezas y habilidades necesarias para desempeñarse como director/a de laboratorio y en las que se identificaron debilidades y carencias comunes en diferentes laboratorios de la ciudad.

•**Coordinador de Laboratorio:** La formación adquirida en el nivel técnico/pregrado (nivel de estudio mínimo para el cargo) presenta brechas en la capacidad analítica de aquellos que desempeñan el cargo, así como liderazgo y trabajo en equipo; el nivel de matemáticas y estadística muchas veces presenta falencias en las actividades requeridas. El conocimiento de los ensayos en laboratorios y la instrumentalización de los equipos no es de calidad suficiente en los programas de formación, por lo que se adquiere este conocimiento con la práctica y la experiencia adquirida en los laboratorios.

•**Gestor de calidad:** La formación adquirida en el nivel técnico/pregrado (nivel de estudio mínimo para el cargo) presenta brechas en la capacidad analítica de aquellos que desempeñan el cargo, así como liderazgo y trabajo en equipo; el nivel de matemáticas y estadística muchas veces presente falencias en las actividades requeridas. El conocimiento de los ensayos en laboratorios y la instrumentalización de los equipos no es de calidad suficiente en los programas de formación por lo que se adquiere este conocimiento con la práctica y la experiencia adquirida en los laboratorios.





•**Asistente de laboratorio:** Debido a que en la mayoría de los casos el cargo de analistas es desempeñado por bachilleres, se presentan brechas en diferentes competencias en las que se van entrenando a medida que van trabajando en el laboratorio adquiriendo experiencia y conocimiento.

▶ Valle del Cauca



•**Director del Laboratorio:** La formación adquirida en el pregrado (nivel de estudio mínimo para el cargo) presenta brechas en liderazgo y comunicación asertiva que son conocimientos, destrezas y habilidades necesarias para desempeñarse como director/a de laboratorio y en las que se identificaron debilidades y carencias comunes en diferentes laboratorios de la ciudad.

•**Coordinador de Laboratorio:** La formación adquirida en el nivel técnico/pregrado (nivel de estudio mínimo para el cargo) presenta brechas en la capacidad del manejo del tiempo y el orden; el nivel de matemáticas y estadística muchas veces presenta falencias en las actividades requeridas. El conocimiento de los ensayos en laboratorios y la instrumentalización de los equipos no es de calidad suficiente en los programas de formación, por lo que se adquiere este conocimiento con la práctica y la experiencia adquirida en los laboratorios.

•**Gestor de calidad:** La formación adquirida en el nivel técnico/pregrado (nivel de estudio mínimo para el cargo) presenta brechas en el nivel adecuado análisis cuantitativo y cualitativo, de matemáticas, así como en la proactividad y la comunicación asertiva que son aspectos claves para desempeñarse en la función y que la formación académica debería otorgar.

•**Analista de laboratorio:** La formación adquirida en el nivel técnico/pregrado (nivel de estudio mínimo para el cargo) presenta brechas en la capacidad analítica de aquellos que desempeñan el cargo, así como la comunicación asertiva; el nivel de matemáticas y estadística muchas veces presenta falencias en las actividades requeridas. El conocimiento de los ensayos en laboratorios y la instrumentalización de los equipos no es de calidad suficiente en los programas de formación, por lo que se adquiere este conocimiento con la práctica y la experiencia adquirida en los laboratorios.

•**Asistente de laboratorio:** Debido a que en la mayoría de los casos el cargo de analistas es desempeñado por bachilleres, se presentan brechas en diferentes competencias en las que se van entrenando a medida que van trabajando en el laboratorio adquiriendo experiencia y conocimiento.

4.5.2 Brecha de Calidad

Los vacíos de formación se demuestran desde el punto de vista teórico en metrología básica, magnitudes, mediciones, estimación de la incertidumbre, instrumentos y métodos de medición, y desde la práctica en el desconocimiento de la importancia de la metrología en la industria y la falta de acceso a equipos o instrumentos de medición en todas las áreas. De acuerdo a lo evidenciado en las competencias presentes en los diferentes cargos del sector de laboratorios en los departamentos de Antioquia, Valle y la ciudad de Bogotá, se puede concluir que se presentan brechas de calidad de la siguiente manera:



▶ Antioquia



Aunque se ofrece un programa de Maestría en Metrología, la industria empieza a ver debilidades de formación sobre todo de práctica en laboratorios, (aún no ha salido la primera promoción)

•**Director del Laboratorio:** Las brechas identificadas en su mayoría corresponden a conocimientos en metrología; estimación de incertidumbres y aseguramiento de la calidad. Estos conocimientos y habilidades se adquieren con el tiempo para este cargo, pero son débiles en el nivel de pregrado. Para desempeñar este cargo se requiere de entrenamiento constante en el producto y/o servicio que ofrece el laboratorio en particular y en las labores que demanda el cargo, por lo que el programa académico de formación no es suficiente para poder desempeñar el cargo de manera satisfactoria.

•**Coordinador de Laboratorio:** Las brechas identificadas en su mayoría corresponden a conocimientos en metrología, gestión y aseguramiento de la calidad, conocimiento general de los ensayos y las calibraciones del laboratorio, manejo de instrumentación, estimación de incertidumbres, y habilidades generales de gerencia, principalmente manejo de personal. Estos conocimientos y habilidades se adquieren con el tiempo para este cargo, pero son débiles en el nivel de pregrado. Para desempeñar este cargo se requiere de entrenamiento constante en el producto y/o servicio que ofrece el laboratorio en particular y en las labores que demanda el cargo, por lo que el programa académico de formación no es suficiente para poder desempeñar el cargo de manera satisfactoria.

•**Gestor de calidad:** Las brechas identificadas en su mayoría corresponden a conocimientos en auditoría por la particularidad de cada laboratorio, en metrología, gestión y aseguramiento de la calidad, conocimiento general de los ensayos y las calibraciones del laboratorio, manejo de instrumentación y estimación de incertidumbres.

•**Analista de laboratorio:** Este cargo tiene una carencia alta debido a que hay una débil formación en metrología, interpretación de resultados, control de datos, conocimiento general de los ensayos y las calibraciones del laboratorio, manejo de instrumentación y estimación de incertidumbres. Estos conocimientos y habilidades se adquieren con el tiempo mediante entrenamiento constante en el producto y/o servicio que ofrece el laboratorio en particular y en las labores que demanda el cargo, por lo que el programa académico de formación no es suficiente para poder desempeñar el cargo de manera satisfactoria. La oferta educativa es muy pobre y los conocimientos prácticos de la formación son muy básicos, por lo que las personas que se forman para desempeñar el cargo de analistas llegan con muchos vacíos de formación, sabiendo teoría, pero poca práctica necesaria para desempeñar las funciones del cargo.

•**Asistente de laboratorio:** Este cargo tiene una carencia alta debido al nivel de formación de quienes se desempeñan como asistentes, ya que en su mayoría son bachilleres que tienen experiencia en laboratorios pero que no cuentan con un conocimiento práctico y/o teórico amplio en metrología, ensayos y las calibraciones del laboratorio, manejo de instrumentación y estimación de incertidumbres. Estos conocimientos y habilidades se adquieren con el tiempo mediante entrenamiento constante en el producto y/o servicio que ofrece el laboratorio en particular y en las labores que demanda el cargo.



▶ Valle del Cauca



•**Director del Laboratorio:** Las brechas identificadas en su mayoría corresponden a conocimientos en metrología; estimación de incertidumbres; sistema de gestión de calidad y manejo de laboratorio. Estos conocimientos y habilidades se adquieren con el tiempo para este cargo, pero son débiles en el nivel de pregrado. Para desempeñar este cargo se requiere de entrenamiento constante en el producto y/o servicio que ofrece el laboratorio en particular y en las labores que demanda el cargo, por lo que el programa académico de formación no es suficiente para poder desempeñar el cargo de manera satisfactoria.

•**Coordinador de Laboratorio:** Las brechas identificadas en su mayoría corresponden a conocimientos en metrología, gestión y aseguramiento de la calidad, estimación de incertidumbres, y habilidades generales de gerencia, principalmente manejo de personal. Estos conocimientos y habilidades se adquieren con el tiempo para este cargo, pero son débiles en el nivel de pregrado y tecnológico. Para desempeñar este cargo se requiere de entrenamiento constante en el producto y/o servicio que ofrece el laboratorio en particular y en las labores que demanda el cargo, por lo que el programa académico de formación no es suficiente para poder desempeñar el cargo de manera satisfactoria.

•**Gestor de calidad:** Las brechas identificadas en su mayoría corresponden a conocimientos en auditoría por la particularidad de cada laboratorio, en metrología, gestión y aseguramiento de la calidad, conocimiento general de los ensayos y las calibraciones del laboratorio, manejo de instrumentación y estimación de incertidumbres. Estos conocimientos y habilidades se adquieren con el tiempo para este cargo, pero son débiles en el nivel de pregrado. Para desempeñar este cargo se requiere de entrenamiento constante en el producto y/o servicio que ofrece el laboratorio en particular y en las labores que demanda el cargo, por lo que el programa académico de formación no es suficiente para poder desempeñar el cargo de manera satisfactoria.



•**Analista de laboratorio:** Este cargo tiene una carencia alta debido a que hay una débil formación en metrología, conocimiento general de los ensayos y las calibraciones del laboratorio, manejo de instrumentación y estimación de incertidumbres. Estos conocimientos y habilidades se adquieren con el tiempo mediante entrenamiento constante en el producto y/o servicio que ofrece el laboratorio en particular y en las labores que demanda el cargo, por lo que el programa académico de formación no es suficiente para poder desempeñar el cargo de manera satisfactoria. La oferta educativa es muy pobre y los conocimientos prácticos de la formación son muy básicos, por lo que las personas que se forman para desempeñar el cargo de analistas llegan con muchos vacíos de formación, sabiendo teoría, pero poca práctica necesaria para desempeñar las funciones del cargo.

•**Asistente de laboratorio:** Este cargo tiene una carencia alta debido al nivel de formación de quienes se desempeñan como asistentes, ya que en su mayoría son bachilleres que tienen experiencia en laboratorios pero que no cuentan con un conocimiento práctico y/o teórico amplio en metrología, ensayos y las calibraciones del laboratorio, manejo de instrumentación y estimación de incertidumbres. Estos conocimientos y habilidades se adquieren con el tiempo mediante entrenamiento constante en el producto y/o servicio que ofrece el laboratorio en particular y en las labores que demanda el cargo.



► 5. Análisis del sector

5.1 Análisis estratégico del entorno:

El sector laboratorios asociado a la metrología entendida como “la ciencia que se dedica al estudio y evolución de las propiedades de la medición, así como a la valoración de la calidad de las mediciones y su mejora constante, facilitando el progreso científico, el desarrollo tecnológico, el bienestar social y la calidad de vida”. (Metrología, Centro Español de, 2013) Permite visualizar desde sus tipos (industrial, científico y legal), como puede ser el comportamiento frente al PIB. La metrología industrial aplicada en los procesos productivos favorece la calidad tanto en el sector industrial extractivo como en el industrial de transformación, lo que amerita compromisos sobre el ambiente y la competitividad que abarca variables como: innovación, precios de venta al consumidor, reducción en los costos de producción, aprovechamiento de los recursos, factores salariales, según encuesta de opinión industrial conjunta de la ANDI en el primer trimestre de 2019, (Industria va al paso del PIB, 2019) en el sector industria extractivo se muestran cifras negativas en producción de hierro y acero (-5,9% de producción y -3,1% en ventas) y refinería de petróleo (-5,1% de producción y -5,1% en ventas), situación que mejora en la industria de transformación, específicamente en manufactura que tuvo un crecimiento del 3,2%. Sin embargo, pretender analizar el sector desde la industria podría resultar ambicioso, ya que, si bien se muestran resultados de crecimiento económico, el desarrollo no se evidencia de igual manera, la fluctuación del dólar con tendencia al ascenso hace que aumente el costo de producción, a partir de los insumos importados y por ende los precios al consumidor aumentan (¿Cómo va la Industria en Colombia?, 2019). Si se habla de metrología científica entendida como aquella que investiga métodos y procedimientos para medir y mejorar las mediciones, el panorama no es alentador, debido a que este tipo de estudios corresponden a la academia y en poco o nada se ven reflejados en la producción de los bienes del país de manera inmediata o a mediano plazo. En lo referente a la metrología legal como aquella que establece las reglas para la relación entre la industria y el comercio y protege al consumidor fuera de ejercer sus funciones de inspección y vigilancia, tampoco aporta de manera directa al PIB.



Según el índice de competitividad de ciudades 2019, Bogotá D.C ocupa el primer lugar en el Ranking de Ciudades, en la variable innovación y dinámica empresarial que incluye: Investigación, registros de propiedad industrial y dinámica empresarial, con una calificación de 7,71 /10. seguida por Medellín y el área metropolitana en segundo lugar con calificación de 6,48/10 y Cali con 3,82/10 en el séptimo lugar. Este indicador permite vislumbrar un incremento en el número de registros de industrias, que se corrobora con el informe de la cámara de comercio de las ciudades en mención durante 2018. Lo que es difícil de verificar es cuántas de ellas corresponden al sector Laboratorios. (Consejo Privado de Competitividad, 2019, págs. 32-33).

La inversión extranjera en el sector se obtuvo de la comunidad europea mediante convenio hasta el año 2017, tiempo en el cual los laboratorios avanzaron en capacitación de diversos temas y se fortalecieron las subredes por regiones desde el ámbito académico e industrial. En la actualidad no se conoce apoyo internacional para el sector y las subredes han ido desapareciendo paulatinamente, sin bien existen a nivel regional, no son tan fuertes porque su labor fue absorbida por el Instituto Nacional de Metrología. Esta condición genera un quiebre en la relación entre la industria y las subredes de metrología, haciendo que se pierda esa comunicación permanente y aumenten las brechas de capital humano en laboratorios.



Los factores político legales han afectado considerablemente el sector laboratorios, sobre todo al recurso humano del sector público. Como ejemplo se hace importante señalar el reciente concurso de meritos para proveer cargos de carrera administrativa, en donde el sentir de los participantes se hizo de manera muy general, con perfiles demasiado abiertos que favorecieron el que se presentaran personas que no cumplían con los conocimientos y competencias que la especificidad que el sector requiere. Es así como algunas vacantes quedaron en cabeza de personas con profesiones poco afines a las necesidades del sector, y con escaso o nulo conocimiento para desempeñar sus funciones, condición que ha llevado a los laboratorios a reentrenar, reubicar y mantener por prestación de servicios, a aquellos funcionarios que no pasaron el concurso y que realizan actividades de coordinación o dirección de laboratorios.

En cuanto a la formación académica, se viene presentando disminución progresiva en el acceso a programas de educación superior en ciencias básicas e ingenierías (mecánica, química, sistemas, electrónica) a nivel de pregrado y posgrado. Esto se ha debido al desinterés de los jóvenes en invertir tiempo y dinero en programas de formación que van en promedio de 5 a 6 años, los elevados costos en las matriculas y los salarios ofrecidos al recién egresado que en algunas ocasiones no van más allá del salario mínimo, aduciendo esto a la falta de experiencia. Esta situación está llevando a incrementar la demanda de formación técnica o tecnológica que oferta programas a corto plazo, a precios asequibles y con mejores ofertas salariales a medida que van obteniendo certificaciones de interés particular, que en universidades importantes en el exterior no cuestan más de 500 UDS.

Dentro de los factores político legales se encuentra la variable del POT (Plan de Ordenamiento Territorial) que actualmente está afectando al sector en las tres ciudades objeto del estudio de identificación de brechas de capital humano, ya que la mayoría de laboratorios se encuentran en zonas residenciales que en su momento no tenían especificaciones sobre el uso del suelo, de tal manera que han venido cambiando hasta el punto de encontrarse zonas de uso prohibido como lo demuestra la normatividad vigente para el caso de Bogotá, en donde se delimita por

localidades, sectores y el uso de suelo para diferentes actividades (Decreto 492 de 2007, 2007). Esto ha generado que los laboratorios emigren a municipios vecinos con los inconvenientes y costos que esto genera. En el caso de Medellín la mayoría de laboratorios se encuentran en zonas residenciales de municipios cercanos, que pertenecen al área metropolitana y que con el tiempo también tendrán que salir a zonas industriales. Cali muestra un crecimiento de vivienda en lo que antes eran zonas industriales, dada la reubicación de la mayoría de empresas hacia las afueras de la Ciudad, específicamente vía Yumbo o Palmira.

Dentro de las tendencias revisadas en grupos focales se evidencia la automatización como fundamental para agilizar procesos, que con ayuda de la Big Data les permitirá a las empresas que generan una cantidad importante de datos, organizar la información y obtenerla en tiempo real para la toma de decisiones. La competitividad entre laboratorios también estará dada por el volumen de muestras, la dinámica que la tecnología le aporte al proceso y el aseguramiento de los resultados. Estas condiciones a largo plazo podrán impactar en las funciones de los cargos de laboratorios, tendiendo a ir más hacia el análisis de resultados que al proceso de los mismos, y al enfoque en la calidad del proceso que a la realización del mismo.

La Norma ISO 17025 obliga a los laboratorios a mantener un ambiente adecuado, a la observación, control y registro de condiciones ambientales, a la separación de áreas incompatibles, al acceso controlado y a la limpieza de lugar acorde a las especificaciones técnicas que la misma contiene. Además, establece que deben mantener condiciones que no alteren el quehacer del laboratorio, tales como la vibración que puede generar una variación en los resultados de las calibraciones, sobre todo cuando se encuentran en edificaciones que no cumplen con los requisitos, o cuando se encuentran en zonas no aptas, como por ejemplo con alto tráfico vehicular.



5.2 Escenarios

Luego de realizar paso a paso la metodología de identificación de brechas de capital humano para el sector de laboratorios establecida en el marco del convenio 325 de 2019 entre la Organización de Estados Iberoamericanos y el Ministerio de Trabajo, se concluye que desde la percepción de los laboratorios en Bogotá y Valle del Cauca existe una deficiencia en la formación de conocimientos, destrezas y habilidades en el campo de metrología. Para el caso de Antioquia que cuenta con programas de formación específica en el área, la percepción no varía debido a que mejoran en conocimientos, pero la práctica es casi nula o insuficiente.

Debido a la especificidad en los productos y/o servicios de cada laboratorio, se debe realizar un ciclo de formación propio de éstos, ya que la formación académica disponible es poca y deficiente, por lo que los empleados presentan falencias en conocimientos, habilidades y destrezas que son solventadas a través de la práctica y la experiencia, razón por la cual se convierten en personas de difícil consecución y de baja rotación. Esta situación acarrea una inversión por parte de la empresa y tiempo de formación estimado entre 3 y 6 meses.

Posterior a la realización de entrevistas en los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca y la Ciudad de Bogotá, se refleja un organigrama común en la mayoría de laboratorios en los que resaltan los cargos de: director de laboratorio, coordinador de laboratorio, gestor de calidad, analista de laboratorio y asistente de laboratorio.

De estos cargos, se encontró que en los próximos años la automatización será la tendencia que tendrá mayor impacto para el desarrollo productivo de las empresas entrevistadas, generando cambios en funciones en los cargos de analistas y asistentes principalmente, al optimizar procesos propios del laboratorio.

La prospectiva laboral en laboratorios de ensayo muestra que tendencias como la automatización y la robótica son viables para ensayos físicos, químicos y físico-químicos, pero no tanto para microbiología que se va más por tendencias como la Biología molecular o el POCT.

Estas tendencias afectan las funciones de cargos de coordinadores y analistas de laboratorio, haciendo énfasis en aquellas que tengan que ver con análisis estadísticos, la verificación y el aseguramiento de resultados. Los nuevos conocimientos estarían encaminados hacia la tecnología, el método y el proceso. Por otro lado, en los laboratorios de calibración que también acogen la tendencia de la automatización, su enfoque estaría relacionado con el software que pueda parametrizar mediciones según las magnitudes y asegurar resultados acordes a los métodos a utilizar





5.2.1 Escenarios Deseados

Para la reducción de las brechas identificadas y que la metrología tenga la importancia que merece acorde a los procesos que surgen de esta en laboratorios de ensayo y calibración, se recomienda lo siguiente:

- Fortalecer los programas académicos relacionados con laboratorios de calibración y ensayo en conocimientos, destrezas y habilidades que permitan tener un desempeño óptimo en el sector.
- Crear programas de educación superior que formen en metrología y cuya formación práctica permita solventar todas las necesidades identificadas actualmente en el sector.
- Reactivar las subredes académicas de metrología que fueron visibles hasta el año 2017 y que en la actualidad se encuentran trabajando de manera independiente, tratando de disminuir las brechas que les competen con el apoyo de las universidades a las cuales pertenecen.
- Establecer alianzas con institutos de formación avanzada en Metrología a nivel internacional, buscando que a través del intercambio de buenas prácticas se logren suplir deficiencias y mayores conocimientos.
- Reforzar los programas de formación en competencias transversales que permitan un desempeño óptimo en laboratorios.

- Permitir alianzas estratégicas entre la academia y el SENA para poder otorgar certificaciones en competencias laborales, a través de cursos o diplomados, ya que en la actualidad el único que puede otorgar dichas certificaciones es el SENA, perdiéndose oportunidades de capacitación en metrología.

- Mejorar y fortalecer la relación entre el Instituto Nacional de Metrología y el sector laboratorios, ya que se encontró un alto nivel de inconformismo para el desarrollo de diferentes iniciativas, programas y proyectos por parte de la industria y de los institutos de formación visitados.

- Reevaluar los costos y la calidad de las capacitaciones por parte del Instituto Nacional de Metrología, debido a que en la actualidad resulta más costoso en términos económicos capacitarse con el INM que adquirir formación con instituciones extranjeras.

- Mejorar las herramientas de consulta de oferta y demanda laboral, ya que algunos se encuentran desactualizados o no brindan información acorde a los programas de formación que se ofertan actualmente en el mercado.

- Determinar los tiempos promedio de búsqueda de empleo, ya que no son visibles en bolsas de empleo y/o Head-hunters para el sector laboratorios.

- Buscar fuentes de financiación que permitan mejorar la infraestructura y dotación de los laboratorios.

- Los centros de formación y las universidades deben incentivar a los laboratorios a participar en la elaboración de programas académicos de formación teórico-práctica en competencias, habilidades y conocimientos propios para el sector.



5.2.2 Apuesta de futuro

Teniendo en cuenta la información recopilada frente al sector de laboratorios de ensayo y calibración en el campo de la metrología, se puede establecer la importancia de la misma y cómo ésta no se refleja en las prioridades de la academia. Por lo tanto, a futuro se deben fortalecer los programas de formación que tengan la metrología como su pilar educativo para formar técnicos, tecnólogos y profesionales que se puedan desempeñar en las diferentes magnitudes, en los diversos procesos y en los distintos cargos que poseen los laboratorios de los Departamentos de Antioquia, Valle del Cauca y de la ciudad de Bogotá.

El proceso de fortalecimiento formativo debe desarrollarse en conjunto con la consolidación y apoyo del Instituto Nacional de Metrología como aliado estratégico de los laboratorios, en el desarrollo de programas y proyectos que brinden soluciones a problemáticas y necesidades específicas del país, que se establecen de acuerdo a los productos que investiga y desarrolla cada uno de los laboratorios.

Si se implementan las soluciones propuestas en el desarrollo de esta investigación, a futuro el panorama para los laboratorios en el campo de la metrología sería positivo, ya que tendrían funcionarios especializados desde su formación académica, optimizando el conocimiento y el rendimiento de estos en los cargos y las funciones asignadas, al tiempo que se reducirían los costos y el tiempo destinado en estos aspectos. De igual manera, Colombia se convertirá en un referente en el campo de la metrología, desarrollando mayor investigación que genere productos y servicios en beneficio de la sociedad.



► Bibliografía

Consejo Privado de Competitividad. (2019). Índice de competitividad de Ciudades. BOGOTÁ: Panamericana Formas e Impresos S.A.

Dinero, R. (21 de MAYO de 2019). Industria va al paso del PIB. Recuperado el 20 de NOVIEMBRE de 2019, de <https://www.dinero.com/pais/articulo/resultados-del-crecimiento-industrial-en-el-primer-trimestre-del-ano-en-colombia/272301>

Económica, L. N. (2019 de Junio de 2019). ¿Cómo va la Industria en Colombia? Recuperado el 2019 de Noviembre de 22, de <https://lanotaeconomica.com.co/economia/como-va-la-industria-en-colombia.html>

Mayor, A. (26 de Octubre de 2007). Decreto 492 de 2007. Por el cual se adopta la Operación Estratégica del Centro de Bogotá, el Plan Zonal del Centro -PZCB- y las Fichas Normativas para las Unidades de Planeamiento Zonal -UPZ- 91 Sagrado Corazón, 92 La Macarena, 93 Las Nieves, 94 La Candelaria, 95 Las Cruces y. Bogotá.

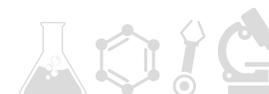
Metrología, Centro Español de. (2013). Actualidad Metrológica. Recuperado el 2019 de Noviembre de 20, de <https://www.cem.es/>

Metrologia, Instituto Nacional de. (2012). Evaluación de resultados de la encuesta de demanda metrológica en la industria Colombiana. Bogotá D.C.

Sabogal, L. A. (12 de Diciembre de 2019). Competencias Metrológicas Deficitarias. (A. R. Piedrahita, Entrevistador) Medellín, Antioquia, Colombia: UPB.

SENA. (2020). OBSERVATORIO LABORAL Y OCUPACIONAL. Recuperado el 26 de 02 de 2020, de <https://observatorio.sena.edu.co/>

SNIES. (2013,2014,2015,2016). MATRICULADOS, EGRESADOS. Recuperado el 26 de 02 de 2020, de <https://www.mineducacion.gov.co/sistemasinfo/Informacion-a-la-mano/212400:Estadisticas>



▶ Anexos

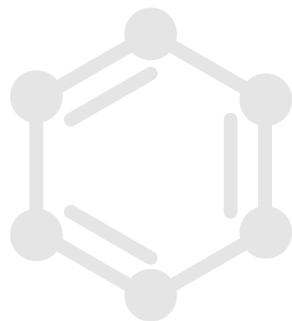
- ANEXO 1 Matriz de sistematización de entrevista una a una Antioquia
- ANEXO 2 Matriz de sistematización de entrevista una a una Bogotá D.C
- ANEXO 3 Matriz de sistematización de entrevista una a una Valle del Cauca
- ANEXO 4 Matriz de sistematización de programas de formación Antioquia
- ANEXO 5 Matriz de sistematización de programas de formación Bogotá D.C
- ANEXO 6 Matriz de sistematización de programas de formación Valle del Cauca
- ANEXO 7 Mapeo de oferta educativa y formativa
- ANEXO 6 Matriz de prospectiva laboral
- ANEXO 7 Matriz de contexto actual y brechas de capital humano
- ANEXO 8 Análisis de la demanda laboral
- ANEXO 9 Descripción de tendencias
- ANEXO 10 Análisis de impactos ocupacionales
- ANEXO 11 Resultados de descriptores en prospectiva laboral
- ANEXO 12 Análisis cuantitativo de cifras de oferta educativa
- ANEXO 13 Caracterización de programas de formación
- ANEXO 14 Análisis de oferta (para Educación Superior, ETDH y lo que se haya encontrado de educación no formal)
- ANEXO 15 Presentación de resultados de análisis de brechas de cantidad
- ANEXO 16 Presentación de análisis de brechas de calidad





El empleo
es de todos

Mintrabajo



©2020



Linea gratuita nacional:
018000 112518

120 Línea de atención al ciudadano a nivel
nacional desde cualquier celular

www.mintrabajo.gov.co

@MinTrabajoCol @MinTrabajoCol

@MintrabajoCol @MintrabajoCol