

Capítulo V

Lineamientos estratégicos para los servicios tecnológicos de laboratorio de AGROSAVIA

El objetivo de este capítulo es implementar la metodología *technological roadmapping*, que se presentó en el primer capítulo, para el diseño de la hoja de ruta del fortalecimiento de los servicios tecnológicos de AGROSAVIA.

Introducción

La disponibilidad de servicios tecnológicos para el sector agropecuario por parte de AGROSAVIA es el resultado de la apuesta al mejoramiento y a la actualización de su infraestructura tecnológica (equipos, instalaciones y áreas de trabajo), a la adaptación e incorporación de nuevas técnicas de análisis y al fortalecimiento de su recurso humano especializado en diferentes disciplinas como bioinformática, biología molecular, entomología, biotecnología, mejoramiento genético, bioestadística, bioquímica y demás áreas con las cuales es posible la innovación para el desarrollo de soluciones tecnológicas. Esto último también permite generar la vocación múltiple de las unidades de laboratorio, no solo hacia el acondicionamiento de servicios tecnológicos para los actores del SNIA, sino también como instrumento base para avanzar en la agenda de investigación para el sector agropecuario nacional. Así, este capítulo busca integrar los resultados de los capítulos segundo, tercero, cuarto y quinto para el diseño de una hoja de ruta general para el fortalecimiento estratégico del modelo de laboratorios de AGROSAVIA, el cual puede ser replicado por otros actores del SNIA.

La sinergia entre investigación, servicios de laboratorio y actores del SNIA son el objeto de las posibles rutas o caminos para fortalecer y posicionar el accionar de AGROSAVIA en su rol como motor, actor y soporte del SNIA. En la figura 39, se presenta un análisis macro de la potencial hoja de ruta para la prestación de servicios tecnológicos de laboratorio, a partir del estado actual y las perspectivas tecnológicas desarrolladas en este capítulo.

La estructura del *roadmap* comprende la interacción de recursos de base (recuadros en verde) y los servicios tecnológicos que actualmente oferta AGROSAVIA como centro de investigación (recuadro rojo), a partir de las tecnologías (equipos, técnicos, instrumentos e insumos) disponibles (recuadro azul). De manera complementaria, en función del análisis realizado en el segundo capítulo, se incluyen los servicios tecnológicos potenciales (recuadro rojo segmentado) que se podrían ofertar a través de la interacción con referentes nacionales y latinoamericanos, lo que implica procesos de transferencia, adopción y apropiación de nuevos conocimientos y tecnologías (recuadro azul segmentado).

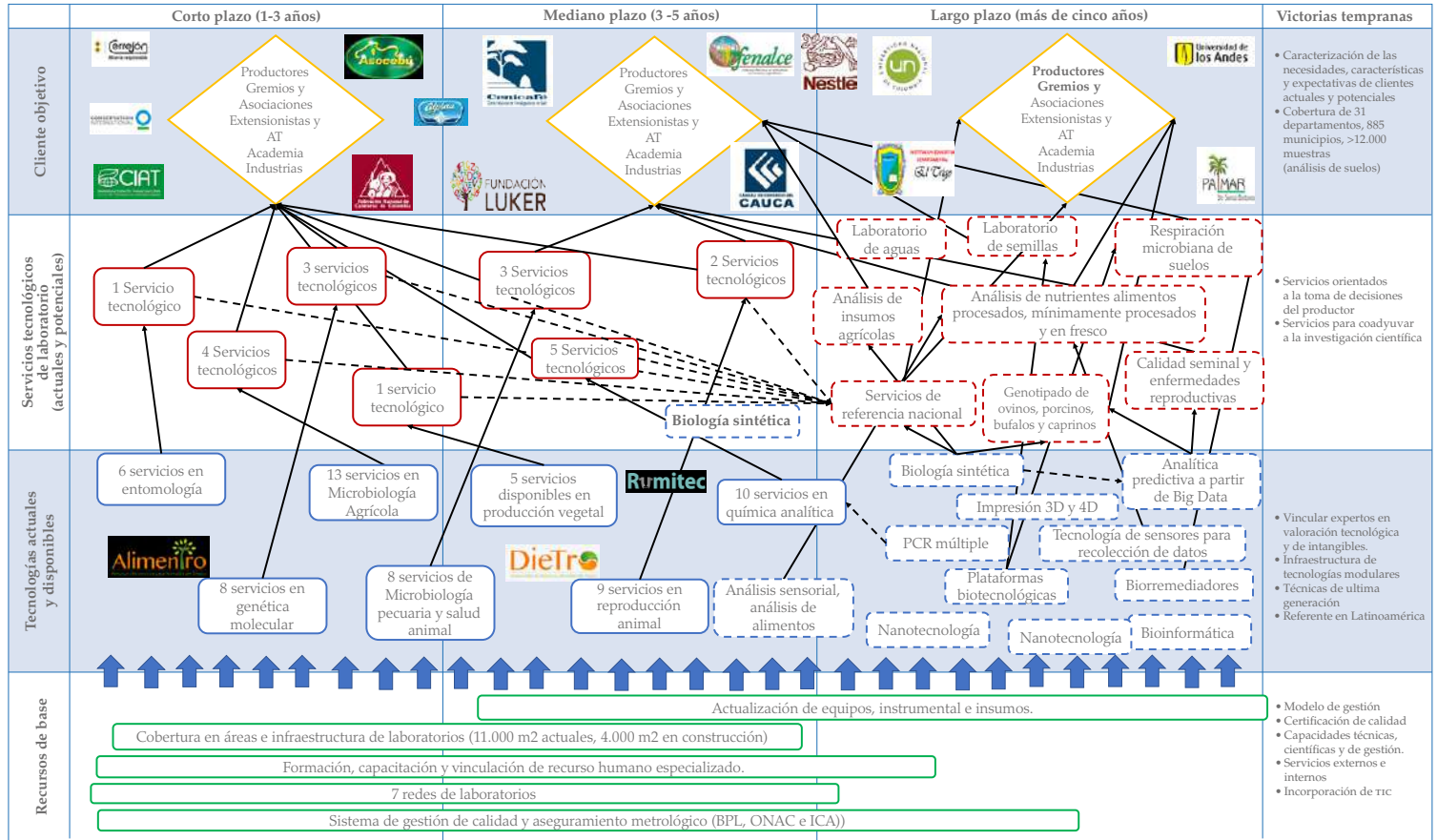


Figura 39. Roadmap global de servicios de laboratorio de AGROSAVIA.

Fuente: Elaboración propia

Las interacciones entre estos cuatro elementos se realizan a través de conectores de flujo que representan interacciones intercapas (línea continua) e interacción intracapas (línea segmentada). A continuación, se explica cada una de las capas de la hoja de ruta integrada

- Capa 1. Recursos disponibles (infraestructura y recursos humanos): esta capa es la base de la hoja de ruta, en la cual se establecen los recursos actuales con los que se cuenta para la prestación de los servicios tecnológicos actuales, la prestación de servicios futuros y la proyección de los requerimientos necesarios para esto. Se destaca principalmente mantener la dinámica de crecimiento descentralizado de la infraestructura de laboratorios en los territorios donde se diseñan y ejecutan proyectos de investigación; el fortalecimiento de capacidades científicas y tecnológicas del recurso humano en el uso de tecnologías, implementación de protocolos de medición y diseños experimentales; el fortalecimiento de las unidades especializadas (redes de laboratorio temáticas), que integran capacidades para la prestación de servicios en tópicos afines, y el robustecimiento de la calidad de los análisis a través de la implementación y certificación de normas técnicas nacionales e internacionales. Esta capa cuenta también con una proyección de hitos clave que permiten garantizar el crecimiento de los recursos: 1) contar con un modelo de gestión de laboratorios que permitan armonizar las funciones de servicios a terceros y que soporten los procesos de investigación; 2) mantener el registro de calidad por entes certificadores nacionales e internacionales, y apostar por el reconocimiento como laboratorio nacional de referencia en los diferentes servicios tecnológicos ofertados; 3) fortalecer las capacidades técnicas (instrumentalistas, auxiliares, analistas), científicas (investigadores en niveles de formación de maestría y doctorado) y de gestión (coordinadores de unidad, metrólogos y gestores de calidad), y 4) incorporar tecnologías de la cuarta revolución industrial, como computación en la nube, *blockchain*, gamificación, realidad virtual, realidad aumentada, analítica de grandes volúmenes de dato, gestión remota de datos de laboratorio, cuadernos electrónicos de laboratorio, entre otros.
- Capa 2. Tecnologías actuales y disponibles: en esta capa, se consigna la capacidad actual en servicios de análisis de laboratorio que puede desarrollar la institución, contemplando las tecnologías adquiridas y los protocolos, las metodologías y los procedimientos aprobados y certificados. Asimismo, se integran en función del tiempo tecnologías que podrían ser incorporadas de manera paralela al mejoramiento de la

infraestructura física, la formación de capacidades del recurso humano y el fortalecimiento de las unidades de análisis en red. Un aspecto clave que permita la adquisición y adopción de tecnologías es contar con procesos previos de valoración tecnológica e intangibles, que contribuyan a definir los criterios de priorización y elección de las tecnologías y los protocolos en sinergia, con el conocimiento científico-tecnológico de investigadores y personal del laboratorio. Como complemento al modelo de gestión, se debe adoptar y extender el concepto de unidades modulares que permitan su despliegue, la interconexión y el uso en procesos de investigación y servicios que demanden diferentes servicios tecnológicos. El hito es pasar de ser un referente nacional en servicios y soporte a la investigación a ser un referente latinoamericano en su modelo de gestión.

- Capa 3. Servicios tecnológicos: en esta capa, se configura el portafolio de servicios actuales que han sido reconocidos como los de mayor cobertura e interés por parte del público objetivo externo. Estos servicios en el mediano plazo deben ser servicios de referencia nacionales, que contribuyan a garantizar la trazabilidad de los análisis de otros laboratorios y que acompañen procesos de verificación de diferente naturaleza. La interacción entre esta capa y la capa 2 recae en la adopción de tecnologías y protocolos que permitan fortalecer servicios tecnológicos existentes y diseñar nuevos servicios tecnológicos. Los hitos que se destacan en esta etapa son la orientación de la toma de decisiones al productor agropecuario a través de servicios con calidad, trazabilidad y oportunidad, y los servicios que contribuyen a la generación de nuevo conocimiento científico.
- Capa 4. Nichos de mercado: de acuerdo con el rol de AGROSAVIA en el marco del SNIA, su accionar misional se orienta al productor y a su cliente; sin embargo, los impactos positivos de sus proyectos y resultados de I+D+i permean a otros actores como gremios, extensionistas, academia y empresa privada. Estos actores directos e indirectos pueden tener roles de aliados, clientes o proveedores, que cambian en el horizonte de tiempo y contribuyen a la generación y transferencia de conocimiento, fortalecimiento de capacidades y articulaciones horizontales y verticales.

Teniendo en cuenta que el objetivo del *roadmap* es establecer una mirada general de las interacciones de las capas y los elementos que lo conforman, el diseño de las rutas específicas acorde con la situación actual, intereses y proyecciones depende del equipo científico y estratégico de las unidades de

laboratorio. Para cada horizonte de tiempo, se esbozan tres rutas genéricas que pueden ser guía para el diseño de rutas más especializadas.

- Ruta 1. Consolidación en el corto plazo (Cp): esta ruta contempla el fortalecimiento de los servicios tecnológicos de laboratorios de la capa 3, a partir del sostenimiento de su línea de base en la capa 1, para orientar de manera específica y diferenciada a los clientes actuales, acorde con sus necesidades y expectativas (capa 4). Para esto, se cuenta con la victoria temprana de un estudio de mercado detallado de las perspectivas por tipo de cliente.
- Ruta 2. Diversificación en el mediano plazo (Mp): esta ruta contempla la incorporación de nuevas técnicas y nuevos equipos tecnológicos para fortalecer los servicios tecnológicos actuales de laboratorio y de manera paralela consolidar servicios de laboratorio disponibles por demanda en servicios tecnológicos de laboratorio de oferta continua. Para esto, se cuenta con la victoria temprana de un plan estratégico de fortalecimiento, la configuración modular de la infraestructura de laboratorio y la necesidad identificada de vinculación de expertos en valoración de tecnologías e intangibles. Esto lleva a diversificar por servicio los tipos de cliente.
- Ruta 3. Empuje tecnológico de largo plazo (Lp): esta ruta busca que las técnicas, los equipos y los desarrollos científico-tecnológicos relacionados con servicios de laboratorio para la investigación y para la comunidad permitan el diseño de nuevos servicios tecnológicos, la conformación o reconfiguración de nodos de laboratorio y el fortalecimiento de la línea de base. Esto permite incrementar la cobertura por nicho de mercado geográfico y por tipología de cliente.

Para los servicios, se debe considerar la base científica y tecnológica disponible en la actualidad como punto de partida para favorecer el desarrollo de procesos oportunos de diagnóstico fitosanitario; esto, empleando técnicas de biología y genética molecular, orientadas principalmente a gremios, asociaciones y, por supuesto, productores, quienes requieren este tipo de instrumentos para la toma de decisiones apropiada en el mantenimiento de sus cultivos y en el incremento de sus rendimientos.

Es importante apostar por la promoción del uso sostenible de la agrobiodiversidad a través de la disposición de materiales de siembra con atributos específicos para la adaptación de los cultivos a las condiciones de los ecosistemas, como resultado de la variabilidad y el cambio climático (suelos degradados, plagas y enfermedades, etcétera), además de las demandas en términos nutricionales.

Algunas de las apuestas de los servicios pecuarios deberían enfocarse en la articulación de los eslabones de producción primaria, distribución, transformación y restauración para reducir los riesgos por contaminación microbiológica de los alimentos, bien sea por el uso de agua, insumos o herramientas que no cumplan con la normatividad de inocuidad. De esta manera, es importante considerar en primera instancia los servicios agrícolas dentro de un equipo de trabajo multidisciplinario, el cual estudie, desarrolle y fomente en toda la cadena agroalimentaria mejores prácticas agrícolas y manufactureras, así como el diagnóstico de microorganismos causantes de enfermedades en humanos a partir de la biología molecular.

Uno de los principales retos de las investigaciones futuras debe estar dirigido hacia la investigación aplicada, con el fin de mejorar las tecnologías de producción y modernización agrícola que contribuyan al crecimiento de la productividad agropecuaria, y de garantizar la sostenibilidad ambiental. Otro reto es contribuir a la eficiencia en el uso de fertilizantes y pesticidas a partir del diagnóstico de la eficiencia, para promover los sistemas de rotación de pasturas. En la siguiente sección, se presentan algunas rutas específicas tipo.

Rutas tipo

Cada uno de los servicios tecnológicos de laboratorio analizados para el centro de investigación y confrontados con las dinámicas del entorno generan elementos clave que permiten identificar la brecha que existe y la posible ruta de acción para cerrarla. A continuación, se describen específicamente los elementos de futuro sobre cada uno de los servicios contrastados entre las tendencias mundiales y su aplicación en el centro de investigación.

Control de calidad de bioplaguicidas a base de virus. Uso articulado de técnicas de bioprospección, biología molecular, microbiología y entomología, las cuales garanticen el desarrollo de servicios que consideren las condiciones biológicas, físicas y químicas del medio donde se desarrollan los cultivos. Asimismo, desarrollo de estudios que involucren los sistemas de conservación y producción de los bancos de germoplasma para el aprovechamiento de especies de microorganismos de interés con atributos deseables (figura 40).

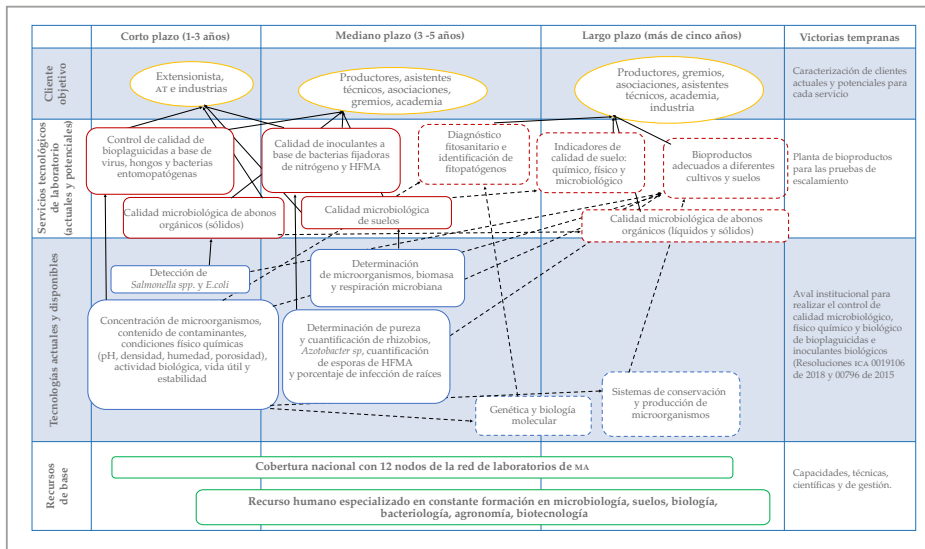


Figura 40. Hoja de ruta tipo - bioplaguicidas.

Fuente: Elaboración propia

Producción y mantenimiento de crías de lepidópteros. Articulación entre los servicios de cría y aquellos asociados a bioplaguicidas y genética, que propendan al desarrollo de conocimiento acertado sobre el comportamiento biológico de los insectos bajo aplicaciones de controladores biológicos entomopatógenos y entomófagos (figura 41).

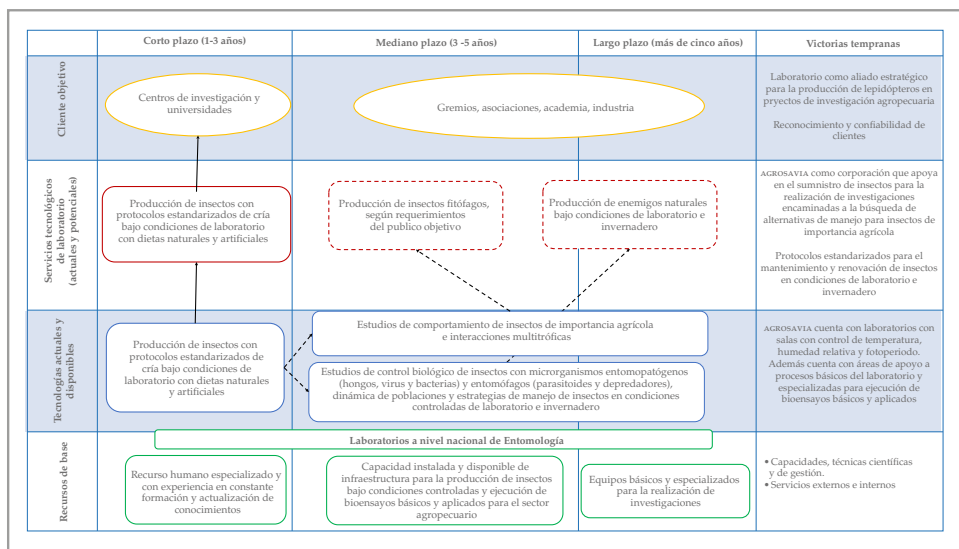


Figura 41. Hoja de ruta tipo - entomología.

Fuente: Elaboración propia

Micropropagación vegetal. Implementación de la multiplicación vegetal a través de técnicas que favorezcan el estudio de su desarrollo fisiológico y adaptación a condiciones extremas antes de ser establecidas en campo. Con esto se contribuye, entre otras cosas, a reducir las pérdidas de los cultivos y evitar la aplicación excesiva de fertilizantes y enmiendas orgánicas (figura 42).

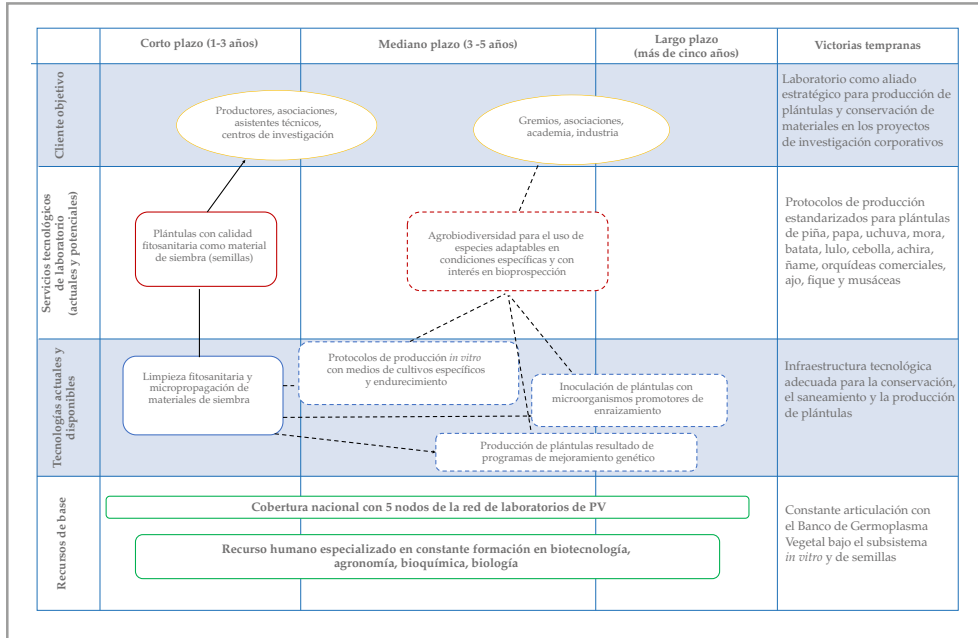


Figura 42. Hoja de ruta tipo - micropropagación vegetal.

Fuente: Elaboración propia

Secuenciación de nueva generación. Fortalecer los equipos y procesos de identificación de expresiones diferenciales de genes y de mutaciones no deseables, principalmente en animales; esto aunado a las tendencias de edición génica, entre otras, que favorezcan la predicción de los comportamientos de las especies bajo condiciones de interacción con otros individuos y con el medio ambiente (figura 43).

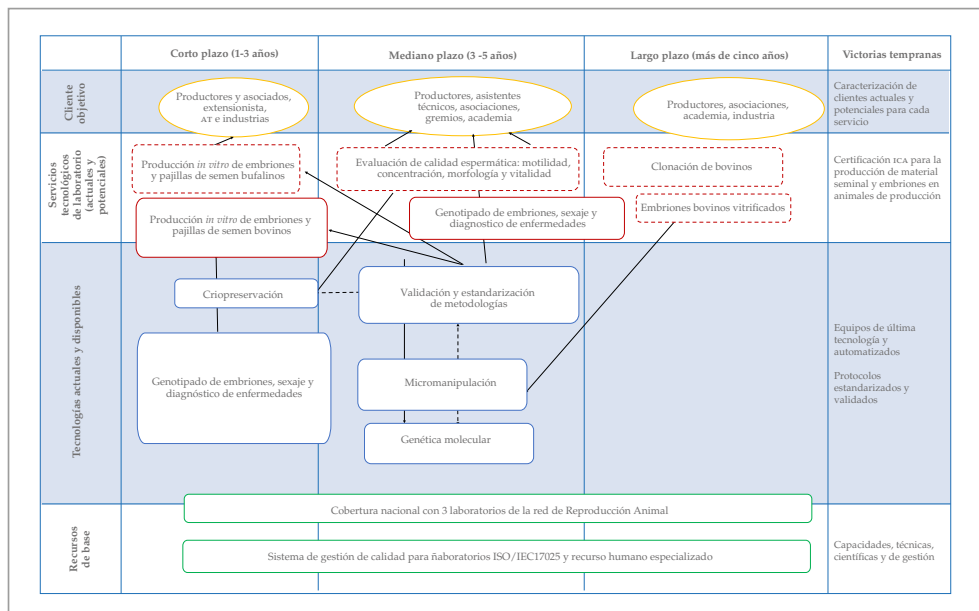


Figura 43. Hoja de ruta tipo - genética.

Fuente: Elaboración propia

Producción *in vitro* de embriones bovinos. Fortalecer la producción *in vitro* de embriones, teniendo en cuenta el beneficio que otorga a pequeños y medianos productores gracias al acceso a recursos genéticos animales de marcada eficiencia de producción y rentabilidad. Esto, consecuentemente, se ve reflejado en mayores ingresos económicos y contribuye a garantizar la sostenibilidad ambiental de la actividad ganadera sobre el uso del suelo (figura 44).

Determinación de calidad higiénica, composicional y sanitaria de leche cruda. Fortalecer la estandarización de técnicas para determinar la calidad microbiológica de leche bovina, las cuales podrían ampliarse a otras fuentes de leche cruda, como cabras y ovejas. Además, considerar el desarrollo de tecnologías que permitan identificar adulterantes y contaminantes en este tipo de alimentos.

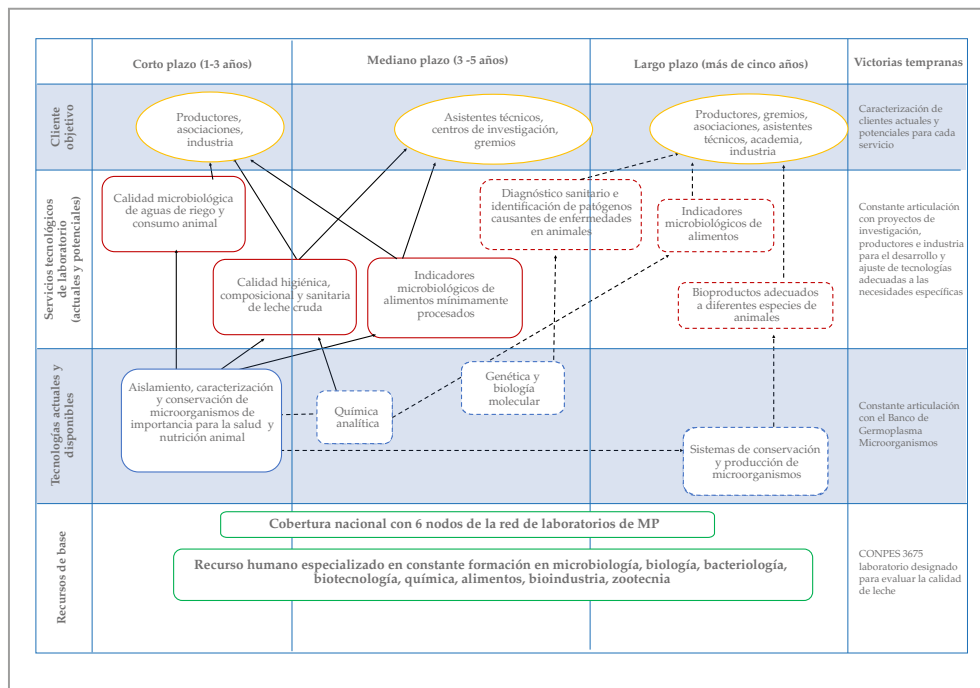


Figura 44. Hoja de ruta tipo - servicios pecuarios.

Fuente: Elaboración propia

Análisis de fertilidad de suelos. Fortalecer la eficiencia del uso de fertilizantes a través de herramientas para la toma de decisiones acertadas y recomendaciones de manejo agronómico, así como el análisis de correlación entre la eficiencia de los fertilizantes con una mejor selectividad de cultivos, que promuevan el uso racional de pesticidas para el control de plagas y el establecimiento de sistemas de rotación de pasturas (figura 45).

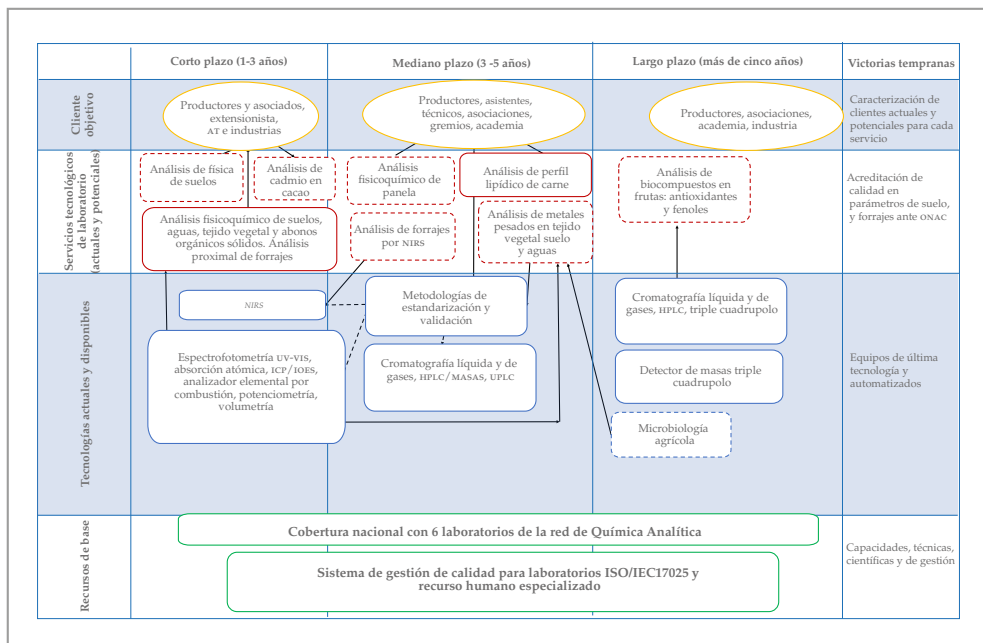


Figura 45. Hoja de ruta tipo - análisis químicos.

Fuente: Elaboración propia

Se identifica que uno de los principales retos para quienes prestan los servicios tecnológicos en el sector agropecuario en Colombia es priorizar la investigación aplicada para mejorar tecnologías de producción y modernización del sector, que contribuyan al crecimiento de la productividad y garanticen la sostenibilidad ambiental, utilizando los laboratorios como herramientas para la generación de soluciones en los sistemas productivos y distintos eslabones de las cadenas de valor.

Conclusiones

El análisis comparativo entre los servicios tecnológicos para el sector agropecuario desarrollados en el mundo y los prestados por un centro de investigación en Colombia permite identificar los temas de frontera del conocimiento en los que debería enfocar sus procesos de I+D+i dicho centro de investigación. Lo anterior, empleando técnicas actualizadas para el diagnóstico y manejo de problemas de enfermedades en animales

y en especies vegetales, deficiencias nutricionales y alternativas para la sostenibilidad y la competitividad del sector agropecuario. Cada uno de los servicios tecnológicos de laboratorio que se estudiaron para el centro de investigación y que se confrontaron con las dinámicas del entorno, genera elementos clave que permiten identificar la brecha existente y la posible ruta de acción para cerrarla.

De esta forma, tecnologías como el control biológico y el desarrollo de bioproductos, a mediano y largo plazo, contribuirán en gran medida a la disminución de aplicaciones de productos de síntesis química y al aprovechamiento de la biodiversidad. Lograr estas metas requiere, en primera instancia, la constante cooperación interlaboratorios para el uso articulado de técnicas de bioprospección, biología molecular, microbiología y entomología, las cuales garanticen el desarrollo de servicios que consideren las condiciones biológicas, físicas y químicas del medio donde se desarrollan los cultivos; en segunda instancia, el desarrollo de estudios que involucren los sistemas de conservación y producción de los bancos de germoplasma para el aprovechamiento de especies de microorganismos de interés con atributos deseables.

El uso de técnicas de micropropagación en el centro de investigación, con respecto a lo que se desarrolla en el ámbito internacional, aún es reducido, porque no se evidencian estudios que den cuenta del aprovechamiento de la diversidad de especies vegetales con fines agrícolas, industriales y medicinales. Más aún si se tiene en cuenta que cada vez son más frecuentes las condiciones extremas de humedad, temperatura, suelos degradados en las zonas rurales y demás factores que inciden en la productividad, fitosanidad o cualquiera que sea el rol esperado de las especies vegetales.

Las investigaciones de este centro de investigación se alinean con las que se desarrollan a nivel mundial en la identificación y caracterización molecular de individuos patógenos de importancia agronómica, tanto en especies vegetales como animales. Esto favorece la disposición de información acertada para el manejo de plagas y enfermedades, y así contrarrestar las pérdidas económicas en los sistemas productivos.

Si bien el sector agropecuario colombiano, de acuerdo con el análisis comparativo, tiene diversas demandas para ser resueltas, la producción

in vitro de embriones toma una relevancia fundamental si se considera el beneficio que otorga a pequeños y medianos productores con el acceso a recursos genéticos animales de marcada eficiencia de producción y rentabilidad, y que consecuentemente se ve reflejado en mayores ingresos económicos que contribuyen a garantizar la sostenibilidad ambiental de la actividad ganadera sobre el uso del suelo.

Los estudios asociados a los alimentos producidos en el subsector ganadero muestran una coincidencia entre lo que se desarrolla en el contexto mundial y el centro de investigación, considerando que corresponden a las técnicas empleadas para la determinación de indicadores de calidad de la leche, para mejorar el contenido proteico a partir de la fuente de alimentación bovina, disminuir los riesgos de contaminación del alimento y prevenir enfermedades en el hato.

A través del *roadmap* es posible identificar que, si bien los servicios tecnológicos han sido el resultado de victorias tempranas del centro de investigación objeto de estudio, este se enfrenta al reto de promover la adopción y el uso de estos servicios en los clientes objetivo. Una investigación previa del mercado de servicios tecnológicos de laboratorio demostró que esto se logra a lo largo del tiempo mediante un trabajo que debe ser desarrollado a través de los gremios, asociaciones de productores y asistentes técnicos y extensionistas, que actúan como influenciadores. A través de dicho estudio de mercado, también fue posible identificar las demandas, los retos, las oportunidades y las necesidades de los usuarios, y cómo los servicios de laboratorio permiten dar solución a esas necesidades. Ahora bien, traducir esas necesidades en estrategias que garanticen la adopción constituye una oportunidad adicional de investigación, pues explicar y predecir el comportamiento del consumidor es uno de los mayores retos para las investigaciones del consumidor (Zander & Feucht, 2018).

Así, pues, se pudo identificar que uno de los principales desafíos para quienes prestan los servicios tecnológicos en el sector agropecuario en Colombia es priorizar la investigación aplicada para mejorar tecnologías de producción y modernización del sector, las cuales contribuyan al crecimiento de la productividad y garanticen la sostenibilidad ambiental, utilizando los laboratorios como herramientas para la generación de soluciones en los sistemas productivos y distintos eslabones de las cadenas de valor (Anik et al., 2017; Potts & Kastle, 2017).

