

## CAPÍTULO I: PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

### 1.1 AGRICULTURA Y ESTADÍSTICA

La agricultura es la actividad humana que implica la producción de alimentos, forraje, fibra y otros productos vegetales y animales, a través del cultivo de plantas y la cría de animales para sustentar la vida en el planeta tierra. La agricultura moderna ha experimentado avances tecnológicos significativos en aspectos como: el desarrollo de prácticas eficientes de manejo del cultivo, la mejora genética vegetal y animal, la fabricación de maquinaria agrícola y la gestión del suelo agrícola y uso del agua, entre otros. La agricultura tiene un impacto significativo sobre el medio ambiente, la economía y la seguridad alimentaria a nivel mundial, por lo tanto, resulta crucial el diseño de una eficiente gestión para asegurar la sostenibilidad en la producción de alimentos.

En la actualidad, se han diversificado los sistemas de producción, evidenciándose varias tipologías de agricultura, como: tradicional, convencional, orgánica, agroecológica, de precisión, regenerativa, biogénica y sostenible. La seguridad alimentaria, el cambio climático, la generación de empleo e ingresos, el desarrollo territorial sostenible, la conservación de los recursos naturales, la innovación tecnológica, la eficiencia productiva y la preservación del acervo cultural y del patrimonio genético son los grandes temas que tratan en las investigaciones relacionadas a las ciencias de la vida.

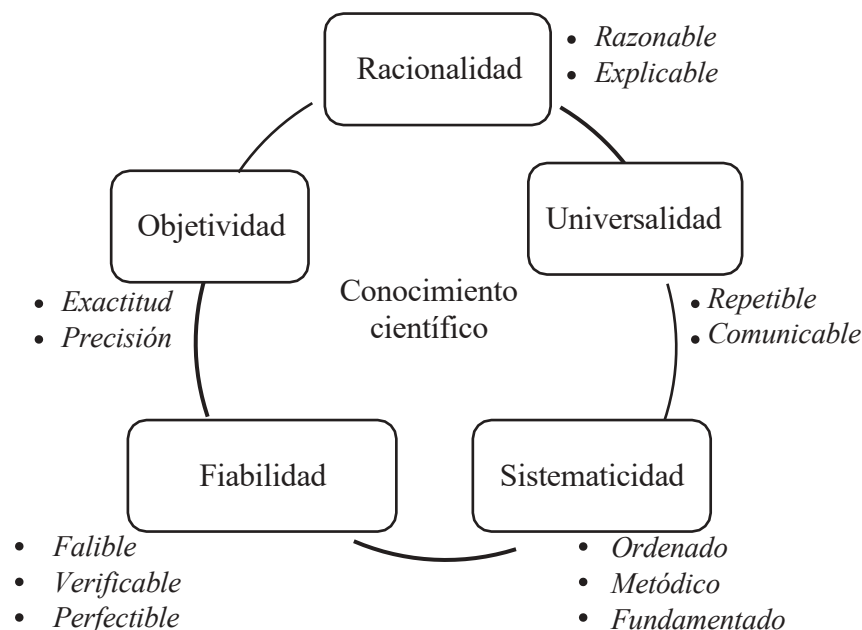
Los investigadores usan cotidianamente las hojas de cálculo, procesadores de texto, graficadores y programas estadísticos para analizar e interpretar series de datos en estudios planeados y tomar las decisiones estadísticas pertinentes, controlando los errores y asumiendo los riesgos de su falibilidad. El uso de los métodos estadísticos se ha intensificado, en todos los campos como son las ciencias biológicas, sociales, físicas e ingeniería. En el siglo XXI, especialmente en los últimos 10 años, se ha intensificado el uso de programas computacionales de análisis estadístico y más recientemente, el auge de aplicaciones basadas en la inteligencia artificial.

La agricultura y la estadística están estrechamente vinculados, prácticamente surgieron al mismo tiempo con la observación de los hechos. En la sistematización teórica se indica que el término “estadística” proviene del italiano *statista* y del latín *status* que significa estado. La estadística, operativamente, trata sobre la planificación de las investigaciones, en todos los campos del saber humano, los métodos y técnicas de la recolección, organización y análisis de datos cualitativos y cuantitativos, la interpretación de los resultados, la toma de decisiones y la diseminación de los logros (Suárez y Tapia, 2018, p. 12). La bioestadística se define como la aplicación de los métodos estadísticos en las ciencias de la vida y de la salud (García, 2011, p. 14).

La importancia de la estadística se resume en la frase del inglés Herbert George Wells, referida por Lind et al. (2012): “*Un día llegará en que el pensamiento estadístico será tan necesario para ejercer la ciudadanía con eficiencia, como la capacidad de leer y escribir*” (p. 2). En el escenario actual de intensos cambios del entorno agroambiental y de agudizamiento de los problemas complejos como la escasez de alimentos, las ciencias agropecuarias y conexas podrán contribuir con soluciones tecnológicas efectivas, solo basado en el conocimiento científico con apoyo de la estadística.

---

En la Figura 1, se observa la interrelación entre las características del conocimiento científico: es racional porque prevalece la razón y puede explicarse; es universal porque es repetible y comunicable, es sistemático porque es metódico y fundamentado, es fiable porque hay una probabilidad de equivocarse, de perfeccionarse y verificarse; además, tiene objetividad porque se busca la exactitud y la precisión en los procedimientos y en los resultados.



*Figura 1. Características fundamentales del conocimiento científico*

### 1.2.1 MÉTODO CIENTÍFICO

En la sociedad se ha desarrollado la pedagogía como métodos para transmitir y enseñar las ciencias y el método científico para crear ciencia (Cifuentes, 2016, p. 68; Quezada, 2021, p. 54). La investigación científica, según Ponce (2018, p. 6) y Briceño et al. (2021, p. 12) es un proceso sistemático, formal, inteligente y controlado de búsqueda de la verdad por medio del método científico. El método científico se define como el conjunto de técnicas y procedimientos para la obtención de un conocimiento teórico con validez científica, usando instrumentos fiables que no dan lugar a la subjetividad, se conoce como método científico (Briceño et al., 2021, p. 22). Éste ha evolucionado desde su nivel primigenio hasta la actualidad donde se usa la inteligencia artificial para planear, realizar el seguimiento de las investigaciones, analizar y elaborar reportes.

El método “prueba y error” se enmarca en la investigación exploratoria y es considerada de naturaleza heurística, que significa basado en la experiencia, es el procedimiento primigenio del método científico que se basa en pruebas sucesivas de alternativas, aciertos y no aciertos, para tomar la decisión de aceptar o rechazar una hipótesis.

La investigación tiene como objetivo generar conocimiento científico basado en la rigurosa aplicación del método científico, el mismo que consta de seis pasos interrelacionados y a partir de sus resultados se pueden desarrollar soluciones tecnológicas para beneficiar a la humanidad (Briceño et al., 2021, p. 12). Los pasos del método científico son: observación de los hechos, formulación de la hipótesis, prueba de hipótesis, análisis de datos e interpretación de resultados, teorización del hallazgo y comunicación (Figura 2).

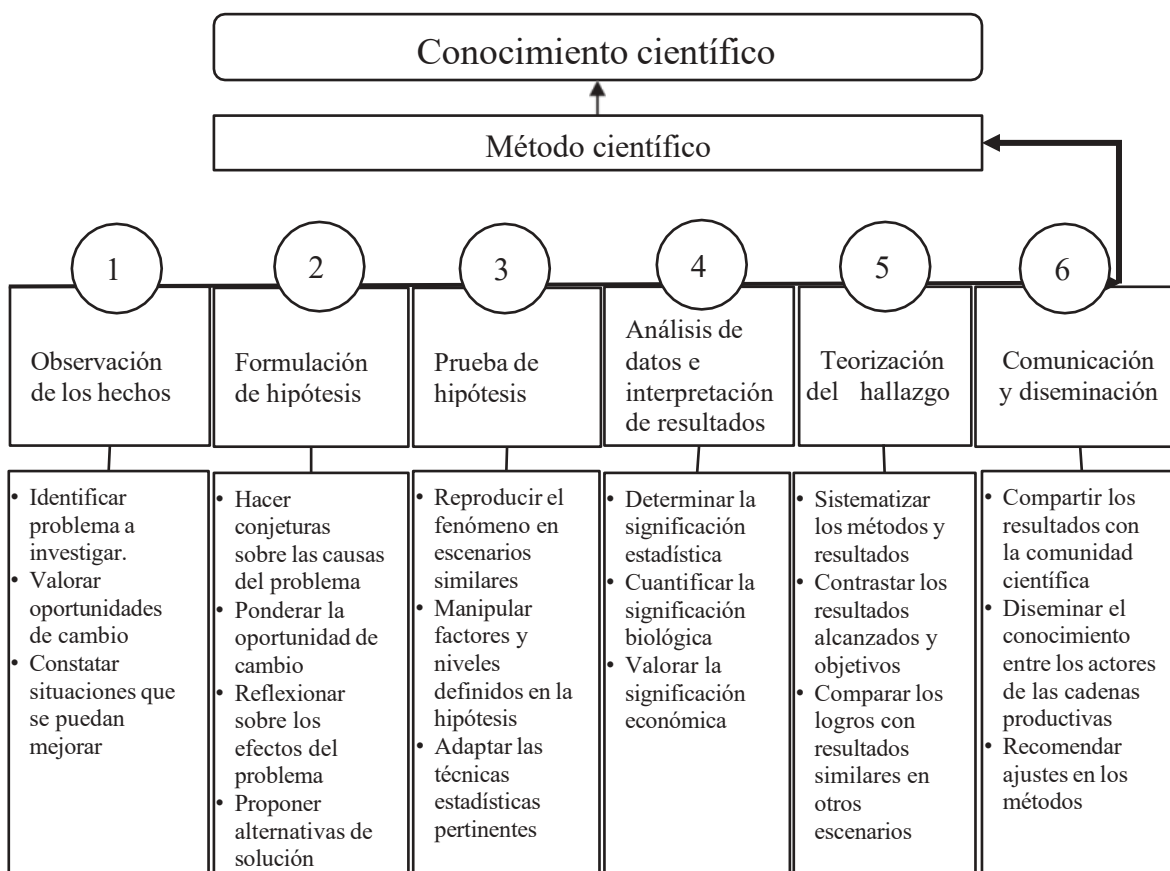


Figura 2. Los seis pasos del método científico para construir conocimiento con su argumentación

**Observación de los hechos.-** Esta es una actividad humana que se refiere a usar la vista y los otros sentidos, ya sea directamente o con instrumentos de medición que posibilitan obtener información de hechos y fenómenos. Todas las personas observan cotidianamente hechos y fenómenos; los investigadores observan, valoran detalles y miden las variables de interés en las muestras y poblaciones con el objetivo de estudiarlas.

La presencia de síntomas de deficiencias de nutrientes en las plantas, que el experto observa y valora, es un hecho. Por ejemplo: el amarillamiento de las hojas es un indicativo de la deficiencia de nitrógeno. Para probar esa conjetura, debe realizar el análisis químico del suelo. Es un hecho que la mayor parte de los suelos dedicados al cultivo de cacao en el litoral ecuatoriano son deficientes en nitrógeno, boro y azufre. Otro hecho: Las pérdidas a la economía causadas por el moko del plátano (*Ralstonia solanacearum* raza 2). A partir de la observación de los hechos se formulan la hipótesis, en distintos niveles de complejidad.

**Formulación de la hipótesis de investigación.-** Es la conjetura que conlleva a analizar el problema e identificar posibles soluciones o vislumbrar oportunidades de cambiar un hecho. ¿De qué manera se puede medir los efectos del problema?, ¿Cuáles son los factores causales del problema?, ¿Hay soluciones válidas?, ¿Cómo han abordado otros investigadores el mismo problema?, ¿Es posible resolver el problema?

La hipótesis de investigación, por lo tanto, es una idea provisoria de la solución al problema, definido como potencial logro. Por ejemplo: “El uso de variedades mejoradas de arroz y la eficiente fertilización nitrogenada contribuyen al incremento significativo de los rendimientos”.

**Prueba de hipótesis.-** En los ensayos experimentales se prueban hipótesis y se toman decisiones con una probabilidad de equivocarse. La prueba descifra el fenómeno, verifica la idea provisoria y con esta información se toma la decisión pertinente, de aceptar o de rechazar la hipótesis (Badii y Guillen, 2009, p. 186). La prueba estadística es la condición para tomar decisiones confiables. Estas pruebas pueden basarse en técnicas paramétricas y no paramétricas, en función del objetivo del estudio, de la forma de la distribución de la población y del tamaño de la muestra (Urdaneta y Urdaneta, 2016; Badii et al., 2004, p. 43).

**Análisis de datos e interpretación de resultados.-** El análisis de datos se realiza usando herramientas estadísticas como Excel<sup>1</sup> o programas estadísticos (software) que facilitan los procesos investigativos sobre los hechos, fenómenos o sucesos físicos, biológicos o agrosociales. La interpretación de resultados conlleva a tomar las decisiones estadísticas pertinentes con un nivel de confianza concreto.

**Teorización del hallazgo.-** La investigación debe concluir con un informe técnico, redactado en forma concreta con argumentos tomados de literatura especializada, vigente y pertinente. Los resultados tienen que compararse con otros estudios, de similares objetivos, realizados por otros investigadores en otros escenarios (espacio) y momentos (tiempo).

**Comunicación y disseminación.-** Los resultados de toda investigación tienen que disseminarse por distintos medios a la comunidad científica, a los profesionales, estudiantes y productores. A los científicos se les comunica a través de los artículos científicos, a los profesionales y estudiantes mediante documentos técnicos y a los productores mediante documentos divulgativos y audiovisuales. Además, la disseminación comprende las ponencias, cursos, seminarios y conferencias dirigidas a las personas interesadas o grupos de interés, que son parte de la sociedad.

---

<sup>1</sup> Excel, desarrollado por Microsoft, es un programa que permite editar hojas de cálculo con funciones matemáticas, financieras y estadísticas, facilitando la elaboración de cálculos, gráficos y tablas.

### 1.2.2 MÉTODOS AUXILIARES DEL MÉTODO CIENTÍFICO

En el desarrollo de las distintas ciencias se han generado diferentes formas de abordar los problemas y de proponer soluciones válidas. Los métodos que usan técnicas diferenciadas para observar los hechos, formular las hipótesis, realizar las pruebas, analizar datos, teorizar los resultados y diseminar los resultados se catalogan como métodos auxiliares del método científico. Entre estos se encuentran los métodos: analítico, sintético, inductivo, deductivo, analógico, modelación y dialéctico.

**Método analítico.-** Se basa en la desagregación del todo en sus partes para realizar una valoración segmentada. Los análisis físicos y químicos de suelos, por ejemplo, permite diagnosticar la situación edáfica, estos resultados se comparan con patrones preestablecidos, sobre los contenidos en niveles bajo, medio o alto; permitiendo definir la relación entre problema-factor de estudio-variable de respuesta (Rodríguez y Pérez, 2017, p. 182). El método analítico requiere de observación constante y con la experimentación se determina el comportamiento de las partes y del todo.

**Método sintético.-** Se fundamenta en el concepto de síntesis. En el método analítico se desagrega el todo en sus partes y en la síntesis se reconstruye todo. Solo si se han superado las etapas de análisis y síntesis, se pueden hacer juicios y dar explicaciones. Un juicio, en el método sintético, es la afirmación o negación de las relaciones entre objetos, variables o fenómenos. Se aplica en la elaboración de las conclusiones, las que implican una estrategia basada en el razonamiento inductivo o deductivo.

**Método inductivo.-** Se basa en la observación de hechos y a partir de un razonamiento proyectivo se sacan conclusiones, que son los juicios con un nivel de significación concreto. La inducción siempre lleva a obtener conclusiones empíricas (observación y experimentación). Ejemplo: El agua hierve con el calor, la leche hierve con el calor; por lo tanto, todo líquido hierve con el calor (Rodríguez y Pérez, 2017, p. 183).

**Método deductivo.-** Es una forma de explicar la realidad a partir de leyes o teorías generales hacia casos particulares. La conclusión de un razonamiento deductivo está incluida en las premisas. Es muy útil cuando no se pueden observar las causas de un hecho. No genera por sí mismo nuevo conocimiento, trata de verificar conocimiento previo. Por ejemplo: Las plantas con semillas en vainas son leguminosas, la soya tiene vaina, por lo tanto es una leguminosa.

**Método analógico.-** Consiste en encontrar dos situaciones o sistemas similares o análogos. Si en uno de los sistemas se obtiene una conclusión, en el otro sistema seguro que se obtendrá un resultado similar. El método analógico toma una experiencia pasada y compara con una actual para llegar a conclusiones. No se pueden comparar dos cosas solo por su parecido, debe haber una relación (Rodríguez y Pérez, 2017, p. 187).

**Modelación.-** Entre un modelo y un fenómeno siempre hay una analogía. La modelación es una reproducción esquematizada de la realidad. Un fenómeno puede involucrar varios modelos. Las constantes y las variables de un modelo se interpretan en base a una teoría científica. Ejemplos de modelos: el modelo del átomo en química, el modelo de célula vegetal en biología y el modelo de ADN de Watson-Crick en genética. La modelación comprende también la construcción de modelos matemáticos o modelos institucionales (Rodríguez y Pérez, 2017, p. 188). Ciertamente, la teoría y práctica de la bioestadística se fundamente en la modelación matemática.

**Método dialéctico.-** El desarrollo de la naturaleza, de la sociedad y del pensamiento humano es resultante de las contradicciones existentes en ellas (Ponce, 2018, p. 4). Las características

del método dialéctico son: (1) la unidad y contradicción son parte consustancial de la naturaleza, de la sociedad y del pensamiento humano, (2) el movimiento perenne es indicativo de que todo se transforma, (3) la sucesión cíclica de cambios cuantitativos y cualitativos es la clave de la evolución; y, (4) las contradicciones internas en la naturaleza, sociedad y pensamiento humano constituyen la fuerza decisiva para el desarrollo (Izaguirre, 2014, p. 129).

### 1.2.3 NIVELES DE INVESTIGACIÓN

Una agenda de investigación institucional busca resolver los problemas reales que afronta la sociedad, o un segmento de ella, en distintos ámbitos, desde lo simple hacia lo complejo, enmarcado en distintos niveles investigativos, adaptando los métodos y las técnicas a los distintos escenarios y momentos.

Las explicaciones acerca de los niveles investigativos frecuentemente son confusas y contradictorias, según afirma Rojas (2015, p. 2). Esta situación motivó a adoptar la propuesta de Espinoza y Ochoa (2020, p. 96) y de Supo (2017, p. 9) quienes categorizan la investigación en seis niveles: exploratorio, descriptivo, relacional, explicativo, predictivo y aplicativo. En la Figura 3, se indica la relación entre los niveles investigativos y los verbos apropiados que definen los objetivos de los distintos estudios.

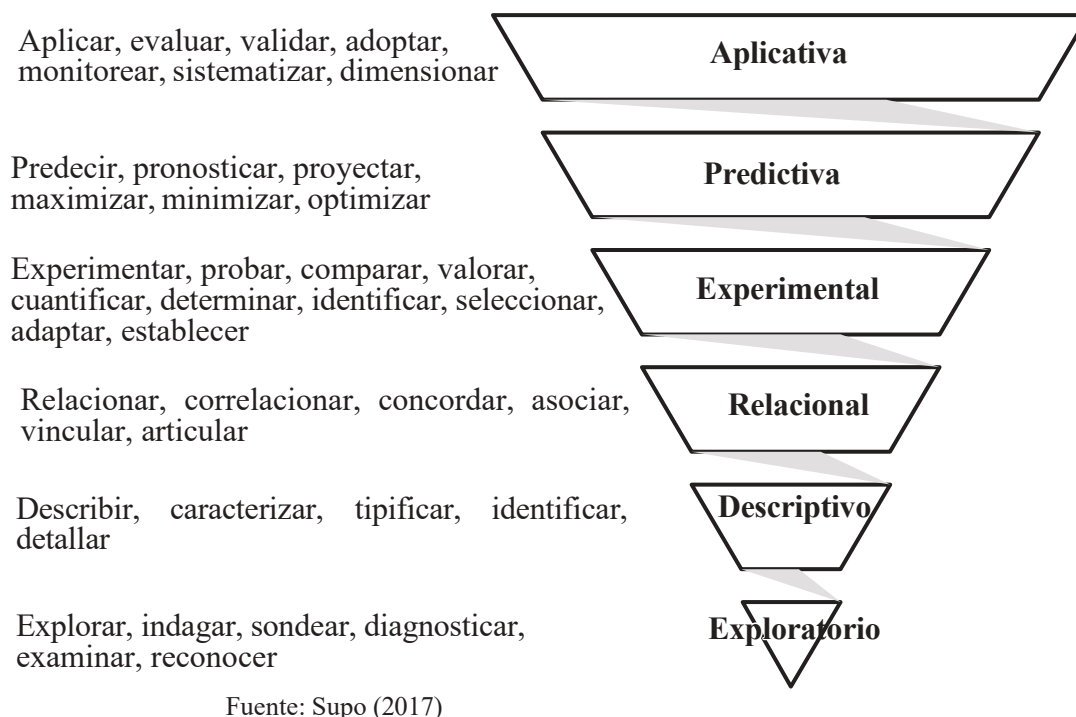


Figura 3. Niveles de investigación científica y su relación con los objetivos de estudio

**Investigación exploratoria.-** Es aquella que trata sobre un fenómeno, situación o hecho desconocido o donde hay poca información. En la investigación exploratoria no hay hipótesis, se exploran escenarios para tener una idea del porqué un hecho o fenómeno, usando técnicas descriptivas como: análisis de frecuencias, elaboración de histogramas y en situaciones sanitarias, el análisis de la especificidad y sensibilidad.



Los resultados contribuyen a definir las hipótesis de investigación descriptiva. El procedimiento valora una situación dada, identifica un objeto de estudio y facilita la explicación de potenciales oportunidades.

**Investigación descriptiva.-** Trata sobre un fenómeno, situación o hecho donde falta información detallada sobre los factores que originan las variaciones en la forma, estructura y caracteres medibles usando escalas nominales, ordinales o de intervalo constante. En el nivel investigativo descriptivo si hay hipótesis y conjeturas de potenciales cambios. Se detallan los escenarios y circunstancias.

Los estudios descriptivos posibilitan diagnosticar, tipificar, caracterizar y describir fenómenos, situaciones, hechos y cambios en las variables de interés, usando técnicas univariadas, bivariadas o multivariadas. Los resultados de la investigación descriptiva contribuyen a definir las hipótesis de investigaciones de los niveles relacional y explicativo.

**Investigación relacional.-** Se orienta a identificar y establecer relaciones entre las variables, sin la manipulación de factores. En este nivel investigativo si hay hipótesis, supuestos y conjeturas de asociaciones estadísticas entre variables.

Se valora la asociación estadística entre fenómenos, situaciones o hechos, usando diversas técnicas paramétricas y no paramétricas sin abordar la causalidad. Son estudios del tipo “Cuasi experimental” cuyos resultados ayudan a plantear las hipótesis sobre los niveles experimental y predictivo.

**Investigación experimental.-** Tiene el propósito de explicar la causalidad del fenómeno, situación o hecho. Se caracteriza porque hay manipulación de los factores en estudio. En este nivel investigativo si hay hipótesis y conjeturas de potenciales causas y efectos.

Se crean escenarios con aproximación a la realidad para probar factores y niveles que expliquen los hechos usando diversas técnicas estadísticas. Los resultados de la experimentación conllevan a definir las hipótesis de los niveles predictivo y aplicativo.

**Investigación predictiva.-** Tiene el propósito de prever los comportamientos de fenómenos, situaciones y hechos (variables dependientes), basado en el comportamiento de variables independientes. En el nivel predictivo si hay hipótesis y supuestos de potenciales causas y efectos, en escenarios fijos o dinámicos. Se construyen modelos matemáticos y gráficos para representar los cambios en el comportamiento de las variables dependientes en función de factores causales y sus niveles en estudio.

Estas investigaciones crean escenarios potencialmente probables y respuestas de predicción, con aproximación a la realidad. Se proyecta a escenarios orientados a maximizar la producción, minimizar los costos y optimizar los beneficios. En la construcción de modelos matemáticos se usan las técnicas de regresión. Los resultados de estas investigaciones contribuyen a definir las hipótesis de estudios del nivel aplicativo.

**Investigación aplicativa.-** Tiene el propósito de validar, verificar y aplicar las alternativas integradas como soluciones tecnológicas, cumpliendo las premisas de las significancias biológica, estadística y económica.

En este nivel investigativo, las hipótesis denotan los potenciales cambios en el sector agroproductivo. Un ejemplo de este nivel investigativo es la evaluación de impacto ambiental o las evaluaciones ex post de proyectos donde se usan generalmente herramientas de análisis multicriterio para su valoración.

#### 1.2.4 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Los estudios investigativos se enmarcan en un tipo de investigación concreto. Los tipos de investigación se clasifican por la intervención del investigador, por la planificación de las mediciones, por el número de observaciones a lo largo del tiempo, por el número de variables analíticas, por el grado de aplicación, por la naturaleza de los datos y por el grado de manipulación de las variables (Briceño et al., 2012, p.14; Supo y Caverro, 2014, pp. 51-56). En la actualidad, se han ampliado los tipos de investigación (Quezada, 2021, p. 31), destacándose por la participación social y por la contribución a la formación académica.

##### 1.2.4.1 POR LA INTERVENCIÓN DEL INVESTIGADOR

Los estudios en función de la intervención del investigador se clasifican en observacionales y experimentales.

**Investigación observacional.-** Se trata de estudios sin intervención del investigador, sean exploratorios, descriptivos y relacionales. Ejemplo: *Incidencia de moniliasis en clones de cacao EETP-800 y EETP 801*.

**Investigación experimental.-** Trata de los estudios con manipulación de los factores y niveles en estudio. Pueden tratarse de investigaciones prospectivas, transversales o longitudinales con análisis de la varianza y regresiones. Ejemplo: *Efecto de las enzimas pectolíticas en la fermentación y en la calidad organoléptica del cacao*.

##### 1.2.4.2 POR LA PLANIFICACIÓN DE LAS MEDICIONES

Por la planificación de las mediciones, la investigación puede ser prospectiva y retrospectiva.

**Investigación prospectiva.-** Se fundamenta en la información primaria y los datos que provienen de mediciones planeadas con participación directa del investigador. Ejemplo: *Calidad sensorial de híbridos de arroz en Daule, Ecuador*.

**Investigación retrospectiva.-** Utiliza datos de registros preexistentes, de mediciones donde no hubo participación del investigador (información secundaria). Ejemplo: *Promedios de calificaciones de los estudiantes de agronomía en los últimos cinco años*.

##### 1.2.4.3 POR EL NÚMERO DE OBSERVACIONES EN EL TIEMPO

Los estudios de este tipo pueden ser transversales o longitudinales.

**Investigación transversal.-** Los experimentos se instalan simultáneamente en varias localidades de interés, en un momento concreto (por ejemplo: ciclo de cultivo de invierno). En los estudios no experimentales o cuasi experimentales, se toman los datos pertinentes en un momento concreto, con fines de comparación. Pueden ser exploratorios, descriptivos, relacionales o experimentales. Ejemplo: *Comparación de 13 variedades de arroz en tres localidades de Manabí, en la época seca del 2021*.

**Investigación longitudinal.-** Trata de mediciones en estudios a lo largo del tiempo, pudiendo ser de tipo relacional (sin intervención) o experimental y predictivo cuando hay intervenciones (manipulación de un factor limitante). Ejemplo del primer caso: Curva epidemiológica de la roya del café arábigo en Piñas, provincia El Oro. Ejemplo del segundo caso: Incidencia de escoba de bruja en función de la poda y aplicación de clorotalonil en el cultivo de cacao.



#### 1.2.4.4 POR EL NÚMERO DE VARIABLES ANALÍTICAS

En función del número de variables, la investigación puede ser descriptiva o analítica.

**Investigación descriptiva.**- Se indica explícitamente, en el título y objetivo del estudio, una o más variables experimentales. Los análisis de frecuencias y las medidas de tendencia central, de dispersión y de forma son estudios descriptivos. Ejemplo: *“Uso eficiente de maquinaria agrícola en la producción de maíz en cinco organizaciones de agricultores”*.

**Investigación analítica.**- De modo explícito, se indica, en el título y objetivo general, las variables de interés propuesta en el objetivo. Por ejemplo: *“Efecto del bioestimulante ADMF sobre la incidencia de Fusarium oxysporum R1 en el cultivo de plátano”*.

#### 1.2.4.5 POR EL GRADO DE APLICABILIDAD

Según el grado de aplicabilidad, la investigación se clasifica como: básica y aplicada.

**Investigación básica.**- También identificada como pura, tiene el objetivo de generar conocimiento, sin prever aplicabilidad. Ejemplos: 1) *Algoritmo para predecir la radiación solar en un territorio*; y, 2) *Identificación de una proteína*.

**Investigación aplicada.**- Tiene el objetivo de encontrar aplicaciones prácticas para el conocimiento generado en la perspectiva de generar beneficios directos. Ejemplos: 1) *Marcadores moleculares en genotipos de maíz de alto contenido de proteína*; y, 2) *Optimización de dosis de azufre en suelos dedicados al cultivo de cacao*.

#### 1.2.4.6 POR LA NATURALEZA DE LOS DATOS

Por la naturaleza de los datos, según Briceño et al. (2012), la investigación puede ser cualitativa o cuantitativa (p. 16).

**Investigación cualitativa.**- Los datos cualitativos del estudio se obtienen con el uso de escalas nominales u ordinales y para analizarse deben ser transformados. Por ejemplo: 1) *Niveles de satisfacción en el empleo en la Fabril*, 2) *Diagnóstico agrosocial en las comunidades rurales del cantón Puyango, Loja*.

**Investigación cuantitativa.**- Se basa en el uso de datos cuantitativos discretos o continuos, obtenidos mediante mediciones con escalas de intervalo constante. donde se evidencia un total control de los factores y los resultados son generalizables. Ejemplo: *Efecto de los fertilizantes edáficos a base de nitrógeno y azufre sobre el rendimiento de plátano var. Barraganete, en el cantón El Carmen, Manabí*.

#### 1.2.4.7 POR EL GRADO DE MANIPULACIÓN DE LAS VARIABLES

En función de la manipulación de las variables, la investigación puede clasificarse como: experimental, cuasi experimental o no experimental.

**Investigación experimental.**- En estos estudios, la variable independiente (X) es manipulada en el propósito de reproducir un efecto medible sobre la variable de respuesta (Y). Los datos cuantitativos deben provenir de muestras representativas y la distribución normal. Ejemplo: *Efecto de las dosis nitrógeno de origen orgánico sobre el incremento de la productividad del maíz blanco cristalino*.

**Investigación cuasi experimental.**- En estudios de este tipo, las variables independientes no son manipuladas. Los datos pueden ser cuantitativos o cualitativos. En este tipo se ubican los estudios observacionales: exploratorios, descriptivos y correlacionales. Ejemplo 1:

*Relación entre altitud de la zona de cultivo y la calidad sensorial en cafés arábigos* (Duicela, Velázquez y Farfán, 2017, p. 76). Ejemplo 2: *Evaluación correlacional de la asociación cacao-leguminosas en la sostenibilidad del cacao (Theobroma cacao L.), en Santo Domingo de los Tsáchilas* (Anzules et al., 2015, p. 268).

**Investigación no experimental.-** En estos estudios no se controlan los factores en estudio ni las variables de respuesta. Puede tratarse de estudios exploratorios, descriptivos y correlacionales, y los datos cualitativos o cuantitativos. Ejemplo: *Tipificación de los sistemas de producción prevalentes en las comunidades rurales del cantón Loreto, Orellana*.

#### 1.2.4.8 POR LA PARTICIPACIÓN SOCIAL

La integración de los actores de las cadenas productivas en el diagnóstico de la problemática, en la planificación de estrategias para buscar soluciones en forma colectiva y en la ejecución define a la investigación como convencional y participativa.

**Investigación convencional.-** Es el enfoque de la investigación planeada, ejecutada y evaluada por equipos de investigación que buscan generar conocimiento y soluciones tecnológicas a demandas concretas de la sociedad. En estos procesos, los actores de las cadenas productivas son sujetos pasivos, reciben la información proporcionada por la academia o las instituciones de investigación y la adoptan cuando constatan sus beneficios.

**Investigación participativa.-** Es el enfoque inclusivo de los actores de las cadenas productivas en los procesos de formulación y gestión de la investigación, cubriendo todas las etapas, como: diagnóstico indagativo, identificación y priorización de problemas y objetivos, planificación, ejecución, seguimiento y evaluación (Geilfus, 1997; De Boef y Thijssen, 2007). Las instituciones de investigación y la academia se convierten en facilitadores de procesos de la acción colectiva que busca soluciones tecnológicas a las demandas concretas de las comunidades y de la sociedad.

#### 1.2.4.9 POR LA CONTRIBUCIÓN A LA FORMACIÓN ACADÉMICA

A nivel de las instituciones de educación superior (IES), la investigación se clasifica como formativa y generativa.

**Investigación formativa.-** Es el conjunto de actividades informales o formales, que incluyen tesis de pregrado y posgrado, revisiones bibliográficas de temas de interés, incluso usando las aplicaciones de la inteligencia artificial, trabajos de aplicación experimental de las asignaturas, participación de los estudiantes en los programas “semillero de investigadores”. Estas actividades de investigación, se planean y ejecutan cotidianamente como parte del proceso “enseñanza-aprendizaje”.

**Investigación generativa.-** Es el conjunto de programas, proyectos y ensayos que tienen la finalidad de generar soluciones tecnológicas a los problemas del campo agropecuario, enmarcados en el mandato institucional de hacer investigación.

La formulación y gestión de proyectos está a cargo de los grupos de investigación y de los docentes investigadores. En estos procesos institucionales se integran los proyectos de investigación, multidisciplinarios y transdisciplinarios, alineados a la política pública, concretada en el plan nacional de desarrollo, las líneas de investigación de la SENESCYT y los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas.

### 1.3 PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolla en dos momentos claves: la planificación y la ejecución. La planificación comprende desde la identificación de la “idea del proyecto”, la definición de objetivos y la elaboración de la propuesta, actividades que en conjunto constituyen la etapa de formulación. La gestión empieza con el análisis y aprobación de la propuesta, la ejecución y la evaluación *ex post*. Transversal a las actividades de ejecución hay una actividad que se conoce como seguimiento, que lo realizan los delegados institucionales con el propósito de verificar el cumplimiento del cronograma, del presupuesto de los logros del proyecto.

La planificación de la investigación agropecuaria garantiza el rigor científico, la relevancia temática y la aplicabilidad práctica, en el proceso de generación de conocimiento científico y de soluciones tecnológicas para resolver los problemas de producción y productividad, atendiendo la creciente demanda de alimentos.

#### 1.3.1 PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

En el análisis de los problemas del sector agroproductivo debe haber participación de los productores, investigadores, extensionistas y asesores técnicos para que el diagnóstico tenga objetividad y haya involucramiento social en la búsqueda de soluciones. En la Figura 4, se expone un diagrama referencial de la problemática del sector agropecuario.

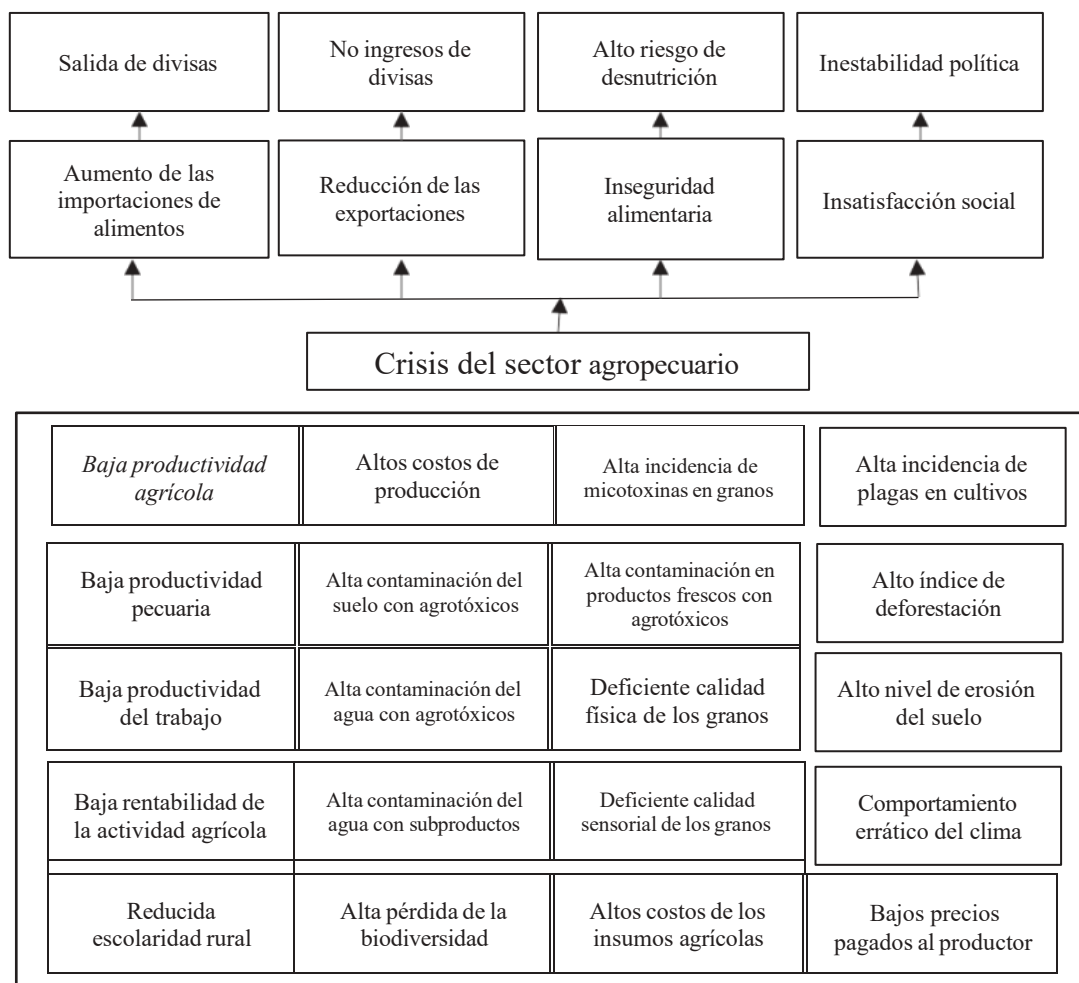


Figura 4. Causas y consecuencias de la crisis del sector agropecuario en el Ecuador

### 1.3.1.1 CASO DE ANÁLISIS: SECTOR CAFETALERO ECUATORIANO

El análisis del sector agropecuario conlleva a tratar problemáticas concretas por rubro de interés, por ejemplo: sector cafetalero (Figura 5). Los actores de la cadena cafetalera con el apoyo de las instituciones públicas y privadas, elaboraron un árbol de problemas, basado en un análisis de relaciones de causalidad, organizando y jerarquizando las relaciones “causa - efecto” sobre el problema central y sus consecuencias para el país.

El problema central del sector cafetalero es la “Baja producción nacional”, la producción estimada es de 300 mil sacos de 60 kg, mientras la demanda supera los 2 millones de sacos. Más de un millón de sacos son requeridos por la industria de café soluble, que se cubre con la importación del grano desde Vietnam, Brasil, Indonesia y Costa de Marfil.

La baja producción nacional se debe a causas de primer orden, como: baja productividad, reducción del área cafetalera, prevalencia de cafetales viejos, falta de crédito y comportamiento errático del clima. La baja productividad tiene las siguientes causas: uso de genotipos de origen desconocido, deficiente manejo del suelo y agua, alta incidencia de broca y otros problemas sanitarios, falta de tecnologías en sistemas productivos diferenciados y la no disseminación de las tecnologías disponibles.

La solución a la “baja productividad” requiere de un enfoque multidisciplinario y la organización de los productores de cafés arábigos y robustas, para dar respuestas válidas a la problemática del sector cafetalero.

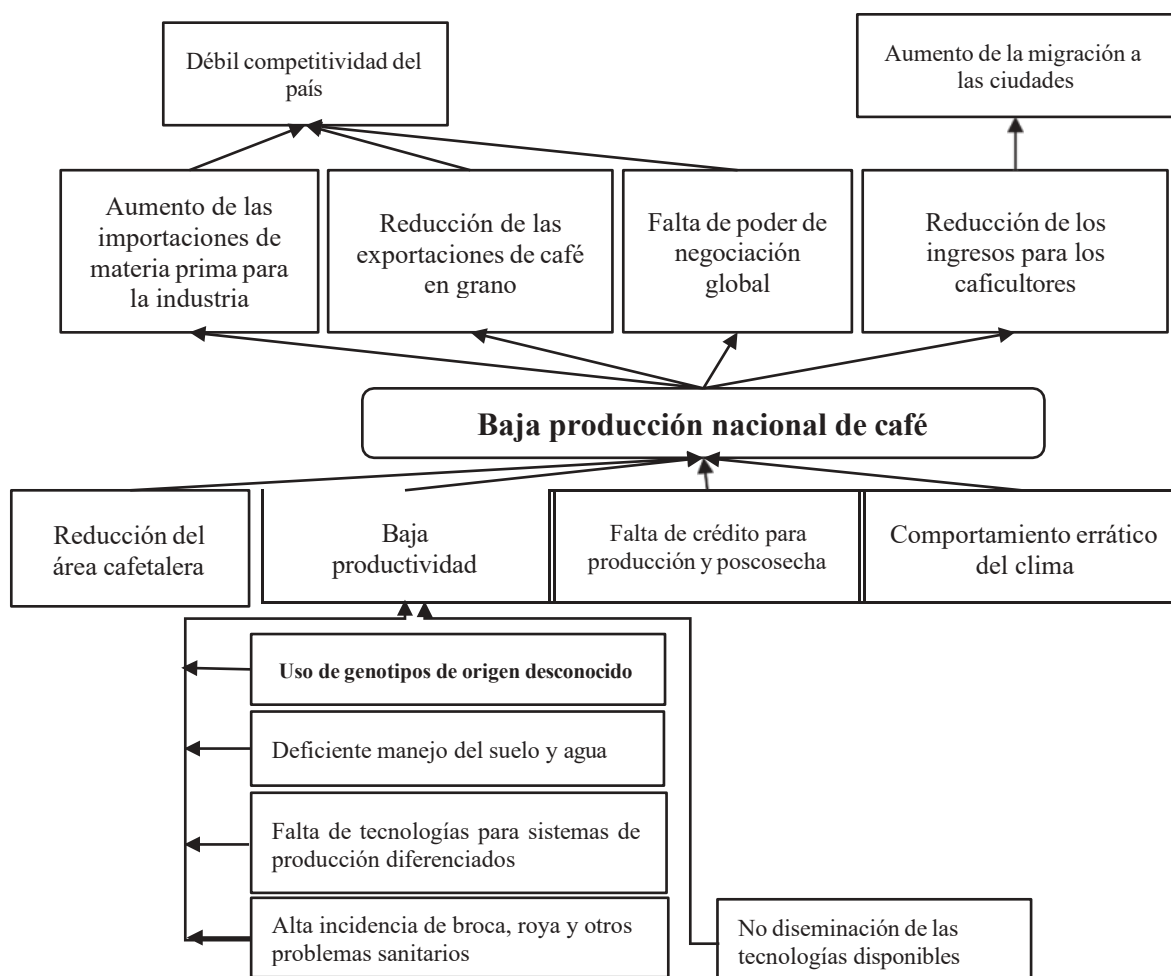


Figura 5. Árbol de problemas del sector cafetalero ecuatoriano

### 1.3.2 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

La elaboración de un árbol de objetivos, contrastando con el contenido del árbol de problemas, es una técnica de aplicación del mapa conceptual, identificando con claridad el ámbito de intervención. El árbol de objetivos se genera como un mapa conceptual en base al análisis medio-fin a partir del diagrama del árbol de problemas (Figura 6).

Cada factor causal se desagrega a un nivel operativo específico. En el ejemplo: entre los factores causales de la “baja productividad”, se enfatizan en el uso de genotipos de origen desconocido, deficiente manejo del suelo y agua, falta de tecnologías para sistemas de producción diferenciados, alta incidencia de broca, roya y otros problemas y la no diseminación de las tecnologías disponibles. En este momento se identifica si el ámbito de intervención se orienta hacia un proyecto de investigación (I) o de desarrollo (D).

A partir del análisis de los factores causales del problema central se derivan los otros problemas de menor jerarquía que se interpretan como “factores limitantes”. Por ejemplo: si el problema es baja productividad, se deduce que hay factores limitantes. Al planear un estudio, el “factor limitante se traduce a “factor en estudio”. En este momento se puede definir un objetivo concreto de la investigación.

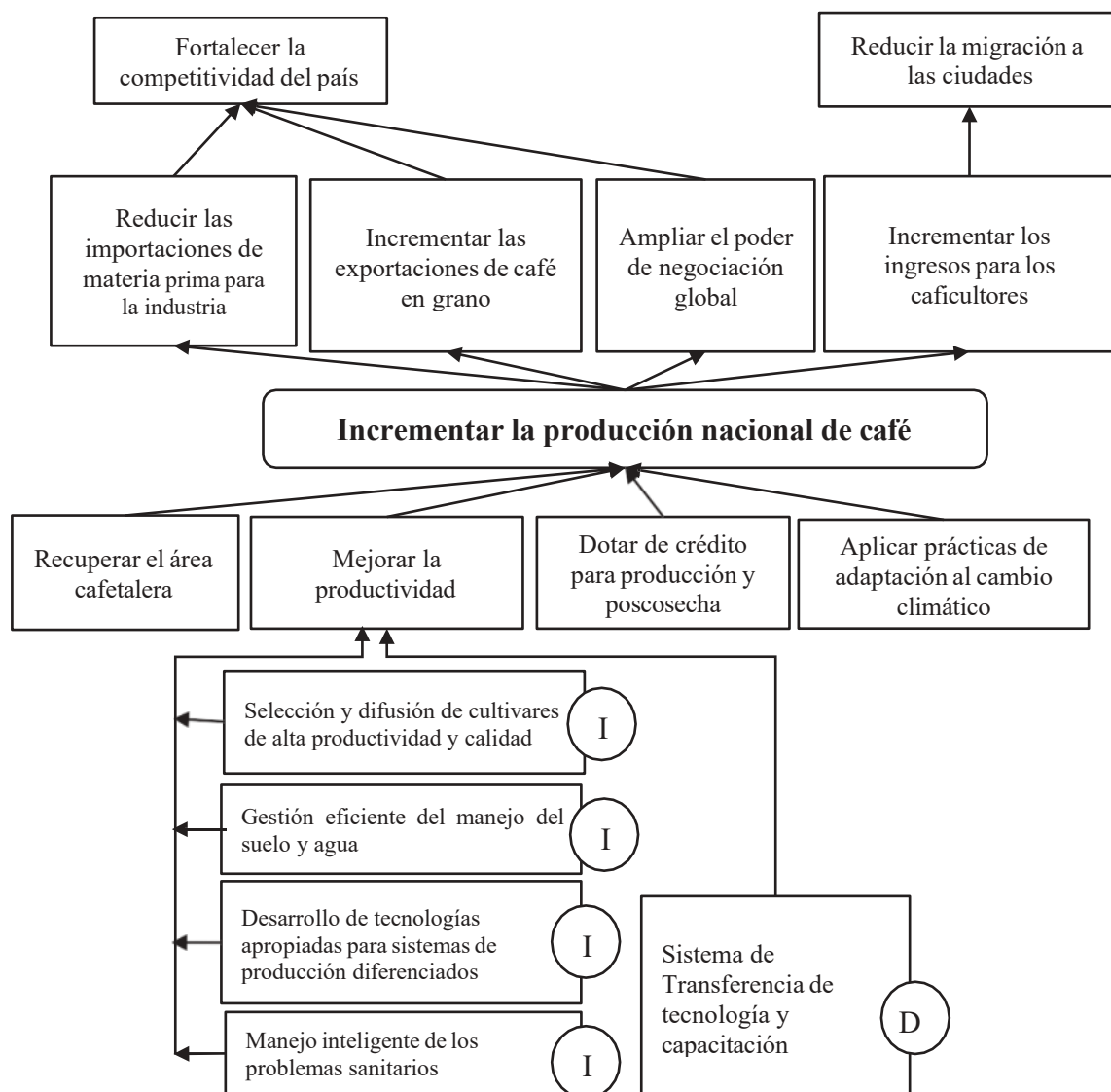


Figura 6. Árbol de objetivos del sector cafetalero ecuatoriano

### 1.3.3 FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

El plan de investigación institucional se integra por el conjunto de programas. Un programa está compuesto de proyectos. Un proyecto está conformado por ensayos y estudios de distintos niveles investigativos. Un ensayo involucra una prueba estadística que tiene el objetivo de aceptar o de rechazar una hipótesis, en tanto que el término estudio no exige de una prueba estadística, porque principalmente abordan los niveles exploratorio y descriptivo.

Un plan de investigación de una institución de educación superior (IES) debe alinearse, en forma explícita, a las prioridades y líneas institucionales, a las políticas del plan nacional de desarrollo, a las líneas de investigación de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (Acuerdo Nro. SENESCYT 2022-016) y a los objetivos de desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas [ONU] (ONU, 2015). En lo legal, tiene que cumplir el mandato de la Constitución política, la ley de educación superior y el estatuto universitario, con sus normativas.

La formulación y gestión de los planes, programas y proyectos de investigación están bajo la responsabilidad de los órganos de planificación institucional, de las autoridades y de sus delegados, que tienen el mandato de impulsar la investigación científica.

#### 1.3.3.1 PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

La planificación de programas de investigación es a largo plazo y tiene el propósito de generar soluciones tecnológicas a los problemas del agro. En el caso del café, un problema de primer orden es la “baja productividad”, por lo tanto, se define como objetivo: “incrementar la productividad” y para lograrlo se requiere de un “programa de mejora de la productividad del café”.

En base al árbol de objetivos, el programa estaría conformado por los proyectos:

- Selección y difusión de cultivares de alta productividad
- Gestión eficiente del manejo del suelo y agua
- Desarrollo de tecnologías apropiadas para sistemas de producción cafetaleros
- Manejo inteligente de problemas fitosanitarios
- Sistema de transferencia de tecnología y capacitación

Los proyectos de investigación y ensayos tienen que priorizarse en función de la demanda interna (productores) y externa (necesidades del mercado), de los talentos y de los recursos disponibles. Si los actores de la cadena productiva priorizan el proyecto: “Selección y difusión de cultivares de alta productividad”, cabe el análisis, reflexión y decisiones sobre cuestiones como: ¿Qué requiere el país? (demanda), ¿Dónde se deben probar los nuevos genotipos?, ¿Se cubren los dominios de recomendación de mayor importancia?, ¿Hay probabilidades de éxito?, ¿Cuáles son las experiencias previas del equipo de investigación?

Un dominio de recomendación es el territorio que comparte problemáticas y condiciones biofísicas parecidas, donde se pueden aplicar los resultados de la investigación con mayor confiabilidad, pues se ajustan a las circunstancias de los productores y responden a sus demandas tecnológicas específicas (Lores, 2008, p. 6). La valoración de la situación conlleva a la revisión de literatura, para conocer detalles como: ¿Cuál es la densidad poblacional apropiada? (si se desconoce, hay que experimentar), ¿Cuál es la frecuencia de riego óptima?, ¿Cuál es la fertilización óptima?, entre otras.

En el Cuadro 1, se presenta una matriz de proyectos que podrían conformar un programa “Mejora de la productividad del café”. ¿Por dónde empezar?



## HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA LA INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

*Cuadro 1. Programa de investigación “Mejora de la productividad del café”*

Proyectos	Ensayos y actividades/proyecto			
Selección y difusión de cultivares	Bancos de germoplasma de café	Selección de variedades de café	Desarrollo de híbridos de café	Estabilidad genética
Manejo del suelo y agua	Optimización de la fertilización en cafetales	Enmiendas y acondicionadores de suelos en cafetales	Fertilización foliar y uso de bioestimulantes	Sistemas de riego en cafetales
Sistemas de producción	Densidades poblacionales en cafetales	Asociación de cultivos en cafetales	Sistemas agroforestales en cafetales	Captura de carbono en SAF cafetaleros
Manejo inteligente de problemas sanitarios	Manejo integrado de plagas insectiles	Control integrado de enfermedades foliares	Estudios entomológicos especiales	Estudios epidemiológicos especiales
Transferencia de tecnología y capacitación	Formación de capacitadores en caficultura sostenible	Escuela de campo en caficultura sostenible	Formación de semilleros y viveristas	Eventos sobre la ciencia del café

### 1.3.3.2 PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los proyectos I + D + i son aquellos que tienen una connotación integradora y multidisciplinaria orientada a la generación de soluciones tecnológicas y a la mejora continua de procesos, productos o servicios (Investigación), a la aplicación de las alternativas en distintos escenarios (Desarrollo) y la puesta en valor presente y en valor futuro los beneficios de la adopción (innovación).

El árbol de objetivos orienta el trazado de la ruta de la investigación. Una herramienta de uso práctico, complementaria para analizar un rubro agrícola u otra área del conocimiento, es el diagrama de causa-efecto que ayuda a identificar el ámbito de intervención de un proyecto con un enfoque holístico (Báez et al., 2010, p. 67). El análisis del diagrama sugiere los temas del programa o proyectos para el corto, mediano y largo plazo. En la Figura 7, se indica un diagrama causa-efecto, como referencia para la producción agrícola.

En “administración eficiente”, las temáticas investigativas pueden referirse al uso de la tecnología, medición de la eficiencia productiva, sistemas de control y mecanismos de financiamiento. En “cultivares mejorados” se tratarían temas como: selección de genotipos, interacción genotipo x ambiente, resistencia a plagas, calidad física del grano y calidad sensorial de la bebida.

La “aptitud agroecológica” conlleva a estudiar las características físicas, químicas y biológicas del suelo; los cambios en el comportamiento del clima, la captura de carbono; la fenología en función de las lluvias, temperatura, humedad y heliofanía, la dinámica de poblaciones insectiles, las curvas epidemiológicas de enfermedades, en la fisiografía se tratarían sobre la evolución de las zonas de vida<sup>2</sup> y las variaciones del entorno físico por factores antropogénicos, entre otros.

En las “buenas prácticas de producción” se tratarían temáticas sobre la fertilización química y orgánica, a la mecanización agrícola, al uso eficiente del agua de riego, a la preparación de semillas, a la crianza de plántulas, a los métodos de propagación, a la densidad poblacional, entre otras. En “buenas prácticas en poscosecha” se trataría sobre los

<sup>2</sup> La zona de vida se define como una unidad bioclimática natural en que se agrupan diferentes asociaciones de poblaciones vegetales correspondientes a determinados ámbitos de temperatura, precipitación y humedad.

métodos de cosecha (manual y mecanizada), de beneficio, de almacenamiento, de transporte y de clasificación.

El diagrama causa-efecto también orienta la conformación de los Grupos de Investigación. Al definir como objetivo, “incrementar la producción”, las temáticas y subtemas pueden abordarse por los especialistas (subtemas), en estrecha articulación a las partes (temas) y al todo (sistema productivo).

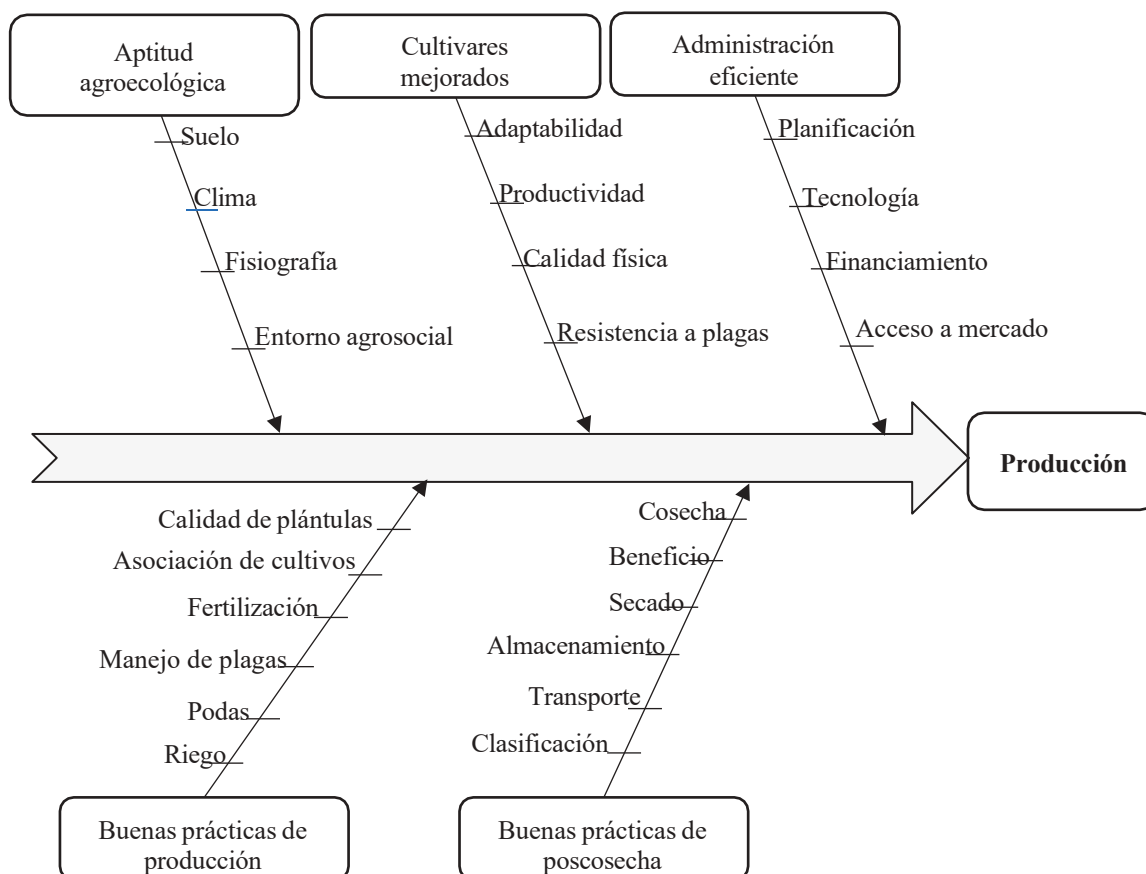


Figura 7. Diagrama causa - efecto de los factores determinantes de la producción agrícola

Los temas de investigación se tienen que priorizar con base en dos aspectos claves: (a) los factores limitantes asociados a las causas del problema (en distinta jerarquía) que se transforman en factores en estudio; y, (b) por la importancia socioeconómica de los territorios. Una provincia forma parte de una ecorregión y se conforma por cantones, parroquias y comunidades. La priorización de las localidades de intervención tiene que realizarse hasta un nivel técnicamente válido, que posibilite la extrapolación de los potenciales resultados a un “dominio de recomendación”.

La identificación de los factores y niveles a estudiar, tiene que realizarse con la acción participativa de los grupos focales que representen a las cadenas productivas, usando distintas técnicas andragógicas como: análisis de frecuencias, comparación pareada y representaciones infográficas. Un ejemplo del uso del análisis de frecuencias en la priorización de factores en estudio, se indica en el Cuadro 2.

## HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA LA INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

*Cuadro 2. Análisis de frecuencias para la priorización de los factores causales de la baja productividad*

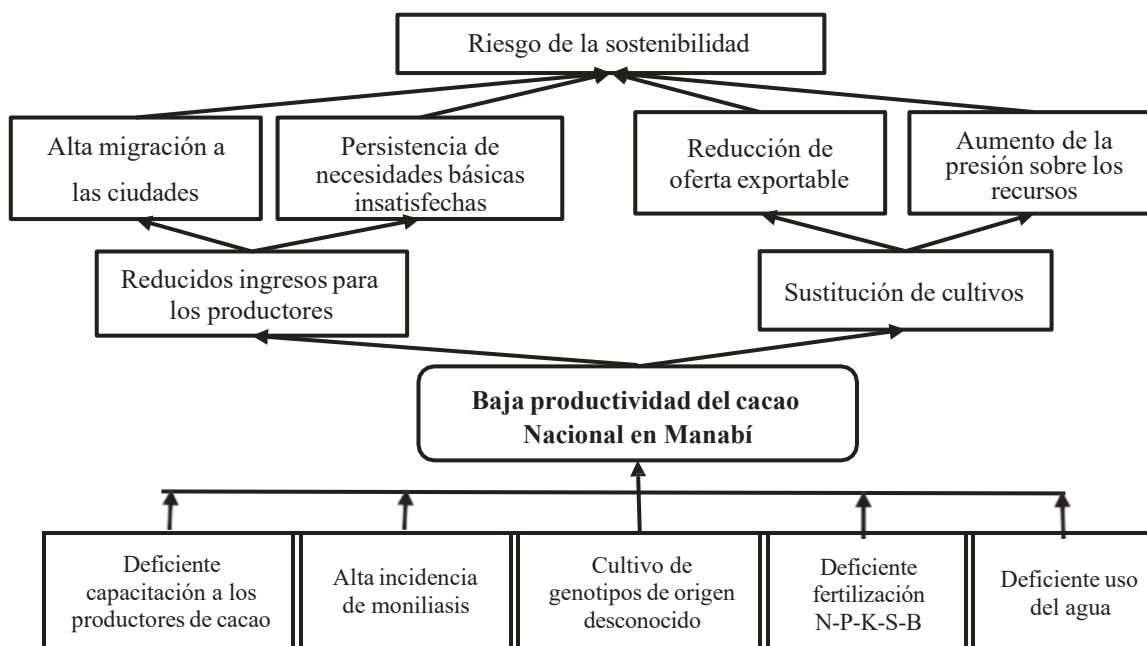
Causas de la baja productividad	Factores de estudio	Elección de prioridad	Frecuencia	Prioridad
Cultivares de bajo rendimiento	Genotipos	////////////////////	24	1
Densidades poblacionales inapropiadas	Densidad poblacional	////////////////////	22	2
Eficiente uso del agua de riego	Láminas de riego	////////////////////	21	3
Deficiencia de Boro en el suelo	Dosis de boro	////////////////////	17	4
Cultivares susceptibilidad a cierta plaga	Genotipos	//////////	14	5
Prevalencia de suelos ácidos	Enmiendas	//////////	14	5
Deficiencia de azufre en el suelo	Fuentes de azufre	////////	10	6

### Ejercicio 1:

Elaborar un árbol de problemas sobre el cultivo de cacao Nacional en la provincia de Manabí

El problema central es la baja productividad del cacao Nacional en Manabí. Las causas del problema son: la deficiente capacitación a los productores, la alta incidencia de moniliasis, el cultivo de genotipos de origen desconocido, la deficiente fertilización con nitrógeno (N), fósforo ( $P_2O_5$ ), potasio ( $K_2O$ ), azufre (S) y boro (B) (Figura 8).

En la referida figura se observa que los efectos se expresan en los reducidos ingresos para los productores, la sustitución de cultivos, la alta migración a las ciudades, la persistencia de necesidades básicas insatisfechas, la reducción de la oferta exportable, el aumento de la presión sobre los recursos y, en general, la actividad cacaotera se coloca en situación de riesgo de su sostenibilidad.



*Figura 8. Árbol de problemas del cultivo de cacao Nacional en la provincia de Manabí*

### Ejercicio 2:

Elaborar un árbol de objetivos sobre el cultivo de cacao Nacional en la provincia de Manabí

El objetivo general de la propuesta es incrementar la productividad del cacao Nacional que puede enmarcarse en el programa “Mejora de la productividad del cacao Nacional en Manabí”(Figura 9).

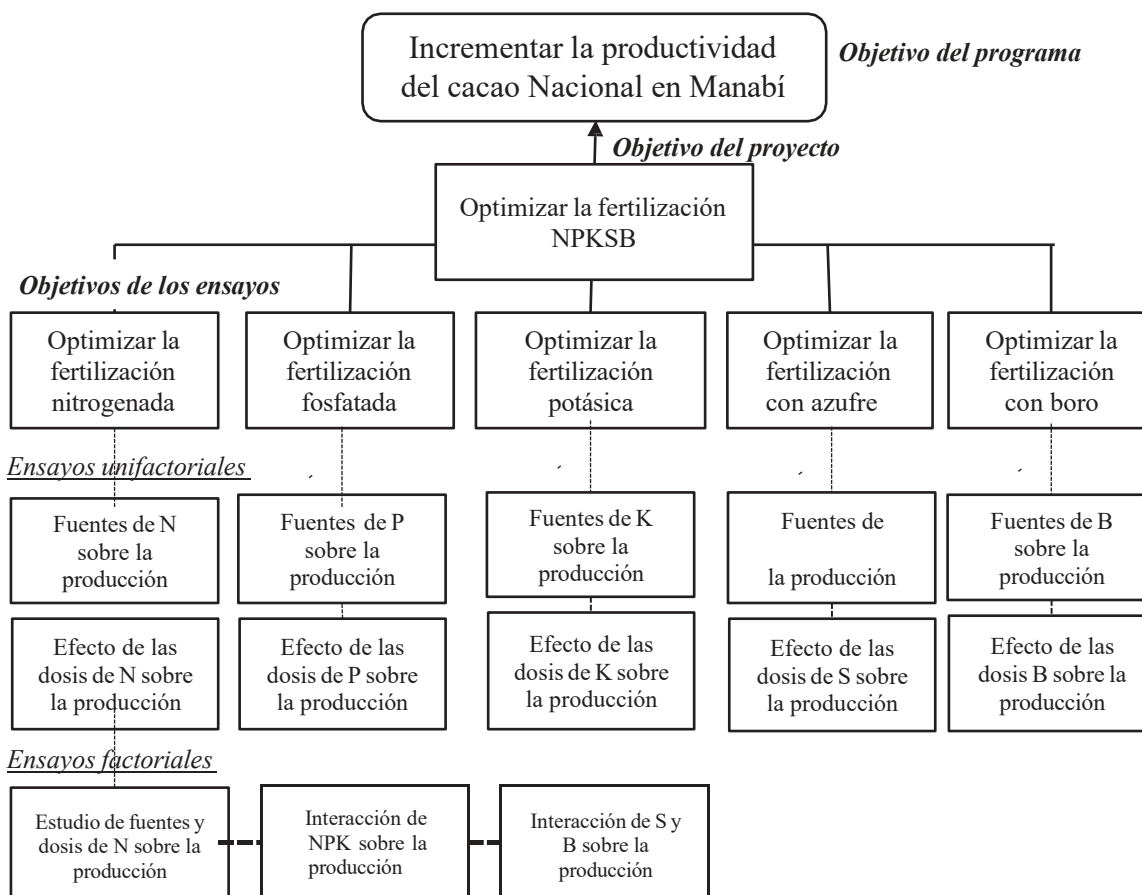


Figura 9. Identificación de objetivos de un programa de investigación en cacao Nacional en Manabí

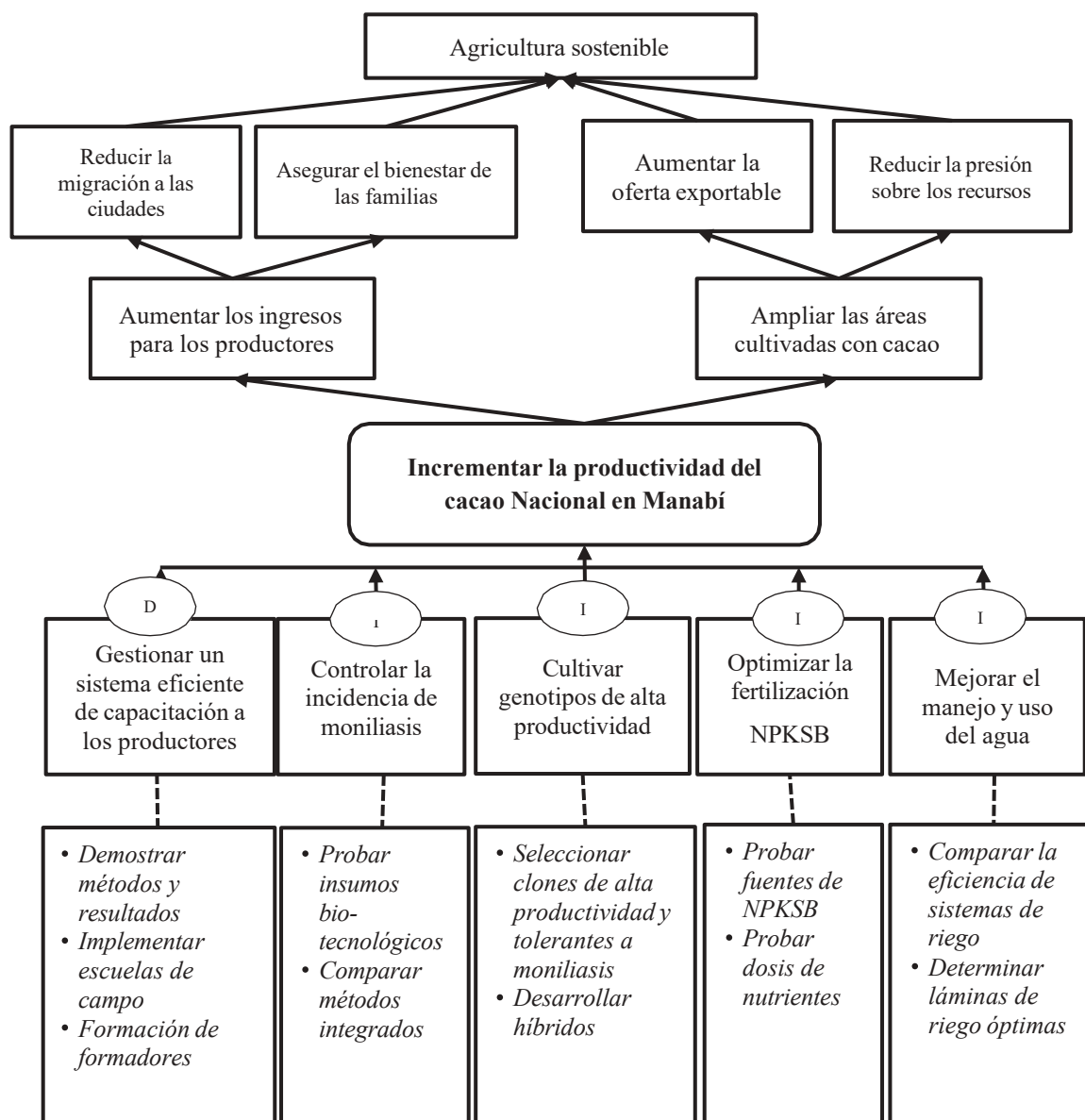
Este programa podría estar conformado por los siguientes proyectos:

- Gestionar un sistema eficiente de capacitación
- Controlar la incidencia de moniliasis
- Cultivar genotipos de alta productividad
- Optimizar la fertilización con los nutrientes N-P-K-S-B
- Mejorar el manejo del suelo y agua

### Ejercicio 3: Identificar la “idea del proyecto” que tiene el objetivo de optimizar la fertilización N-P-K-S-B para incrementar la productividad del cacao Nacional en Manabí

Para incrementar la productividad del cacao Nacional en Manabí, resulta imperativo la optimización de la fertilización con potasio (K), azufre (S) y boro (B) en cacaotales de tipo Nacional en la provincia de Manabí”. En estas circunstancias, hay que planear y ejecutar ensayos unifactoriales o multifactoriales en los distintos “dominios de recomendación”.

La “idea del proyecto” mencionado, se resume en la Figura 10. La priorización de los territorios se basa en criterios como: importancia del cultivo, la disponibilidad de recursos y los acuerdos colaborativos para la ejecución En Manabí, el cacao Nacional es muy importante, por el volumen de producción anual, en varios cantones de las zonas norte, centro y sur. ¿Dónde debe realizarse la investigación? ¿En una comunidad?, ¿en dos cantones?, ¿Quién financia?



Nota: D = Proyecto de Desarrollo y capacitación, I = proyecto de investigación

Figura 10. Construcción de la idea del proyecto de investigación alineado a un programa

Al priorizarse la zona centro de Manabí, por ejemplo, ¿Qué territorio se prioriza?, ¿Se investiga en los cantones Santa Ana y Portoviejo?, ¿Se prioriza una parroquia?. ¿Con qué criterios? La priorización se extiende hasta la definición del recinto y la finca donde se debe hacer la investigación.

### 1.3.3.3 ENSAYO DE INVESTIGACIÓN

Un ensayo trata de manera rigurosa un problema específico y tiene como instrumento de planificación el “protocolo”, que a nivel de la investigación formativa son los proyectos de tesis y a nivel de la investigación generativa se trata de los perfiles (versión abreviada de la propuesta) o del protocolo del ensayo (parte de los proyectos y programas).

En la formulación de un protocolo de investigación, se considera fundamental cuidar las relaciones verbales y contenidos del título, objetivo general, objetivos específicos, hipótesis de investigación y resultados esperados. La redacción de la metodología debe detallar, en orden, la manera de lograr cada uno de los objetivos específicos. Por ejemplo, en el protocolo que trata como problema central la “baja productividad” en el cultivo de cacao Nacional, en Manabí, donde se destaca como causa la “deficiencia de nitrógeno en el suelo” el título podría ser: “Optimización de la fertilización nitrogenada para incrementar la productividad del cacao Nacional, en Manabí”.

Los conceptos deben estar interrelacionados, como en el ejemplo de la Figura 11. El término optimización se asocia al verbo optimizar (nivel predictivo). Como función se plantea: “la productividad (Y) depende de las dosis de nitrógeno (X)”. Esto se representa como el modelo:  $[Y = f(X)]$ . La fertilización nitrogenada es la acción requerida para solucionar el problema. Las dosis de nitrógeno constituyen los niveles del factor en estudio.

El problema “deficiencias de nitrógeno en el suelo” indica es prioridad probar fuentes nitrogenadas: orgánicas, químicas o mezclas; además, de diferentes dosis y formas de aplicación. La variable de respuesta es la producción, el objeto de estudio es cacao Nacional y el dominio de recomendación a donde se puede extrapolar los resultados, podría ser la zona cacaotera de la parroquia Río Chico, Portoviejo, Manabí.

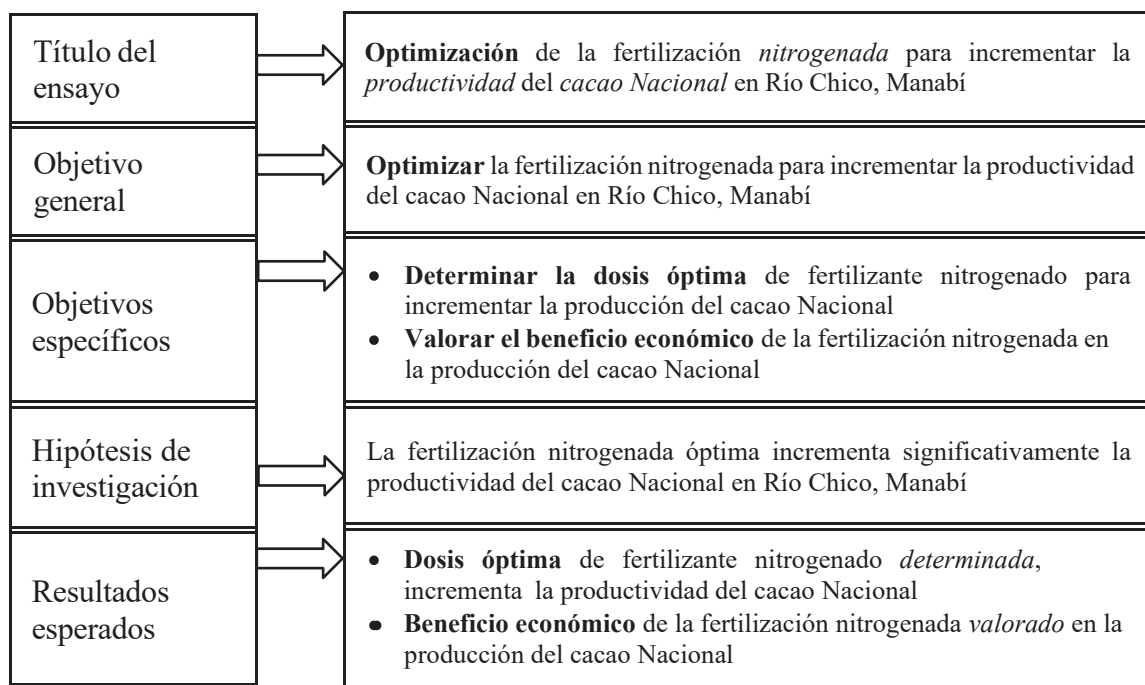


Figura 11. Relaciones entre título, objetivos, hipótesis y resultados esperados del proyecto



### 1.3.4 ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

La propuesta de investigación tiene una estructura jerárquica, estrechamente ligada a la problemática (árbol de problemas) y los objetivos (árbol de objetivos), enmarcada en las líneas de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación [SENESCYT], en los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas [ONU] y en las políticas institucionales. La propuesta, por lo tanto, puede ser elaborada en los niveles de plan, de programa, de proyecto o de un protocolo para un estudio concreto.

La propuesta de investigación, en cualquier nivel, debe contener los siguientes componentes comunes: Introducción, marco teórico, marco metodológico, marco administrativo, referencias bibliográficas (Figura 12) y anexos.

**Introducción.-** Se detalla problemática, justificación, antecedentes investigativos, objetivos e hipótesis de investigación. ¿El problema identificado realmente no tiene alternativas de solución?, ¿Hay oportunidades de cambiar la situación problemática?.

**Marco teórico.-** Se presentan las teorías, los conceptos, los modelos relevantes, las variables y los métodos usados por otros equipos en temáticas similares. Se justifican las metodologías, los registros de variables y las transformaciones de datos, las técnicas de análisis que han usado otros investigadores, además se identifican las controversias existentes y las contribuciones de otros grupos de investigación. La literatura citada debe cumplir los principios de pertinencia y vigencia.

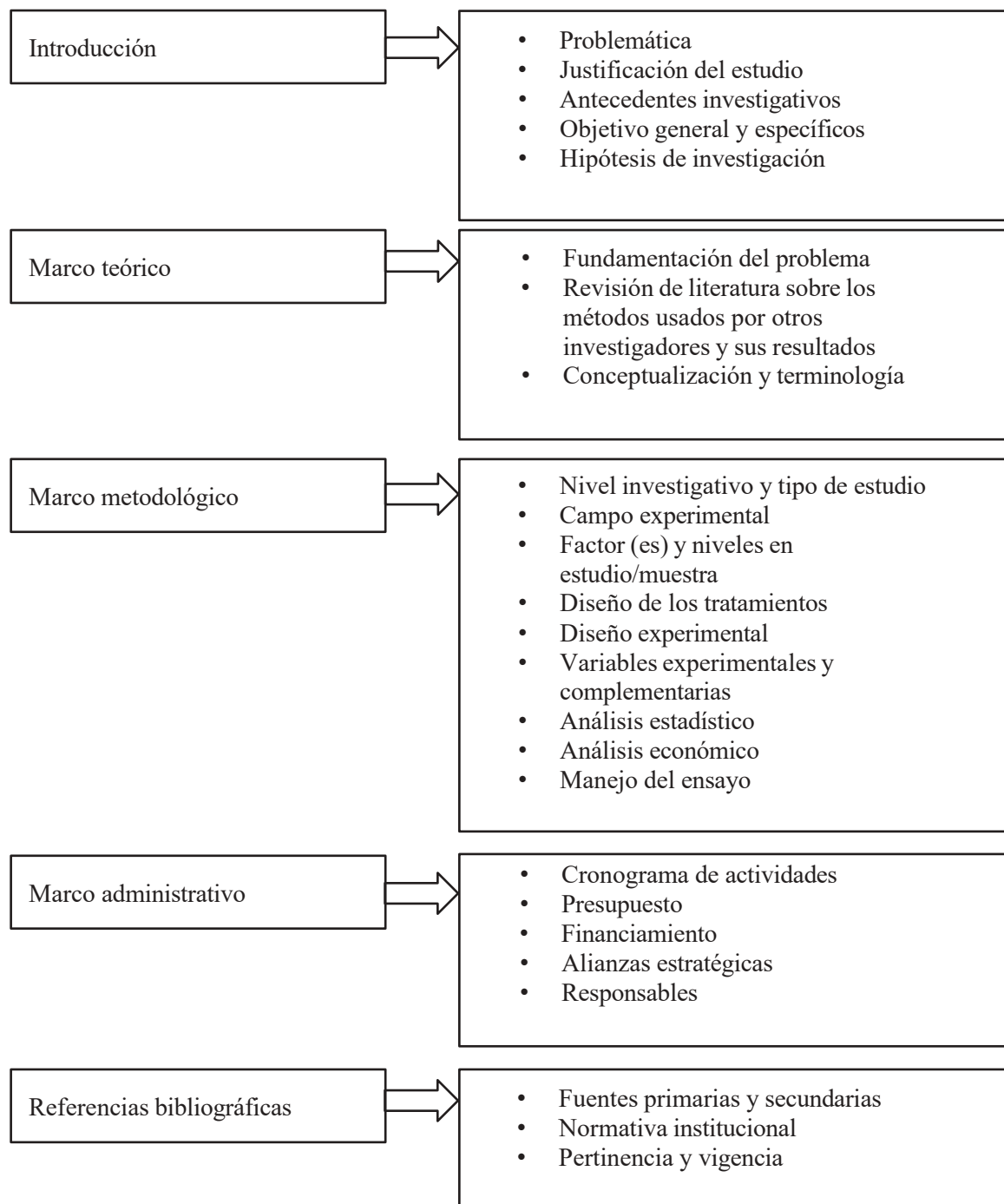
La pertinencia se refiere a la utilidad práctica de la información. Por ejemplo, al analizar la baja productividad del maíz en la provincia de Manabí, las citas y referencias prevalentemente deberán referirse a Manabí o aproximarse a sus condiciones agrosociales, para tener pertinencia. La vigencia está en función de la validez de la teoría. Por ejemplo, está vigente la teoría mendeliana (Mendel, 1865, pp. 3-47), así como el análisis de la varianza propuesto por Ronald Fisher (1926), mientras que las estadísticas de producción agrícola de hace dos años atrás, de cualquier territorio, ya no son vigentes.

**Marco metodológico.-** Es el indicativo del nivel investigativo, de las características del campo experimental (suelo, clima y fisiografía) o del escenario agrosocial (característica de la población, comunidad o muestra), el factor en estudio y niveles (lo contrario de factor limitante), el diseño de tratamientos, el diseño experimental, las variables experimentales, el registro de los datos (con sus escalas de medición), las técnicas del análisis estadístico y del análisis económico, así como el detalle del manejo del experimento.

**Marco administrativo .-** Es el conjunto de condiciones que aseguran el logro de los resultados. Entre otros elementos, comprende el cronograma de actividades, el presupuesto, el financiamiento, las alianzas, el plan de manejo ambiental (si fuese necesario) y las certificaciones pertinentes.

**Referencias bibliográficas.-** Las citas y las referencias bibliográficas deben estar articuladas, con base en las directrices de la institución, citando fuentes primarias y secundarias; así como la vigencia y la pertinencia de la literatura científica. La información debe ser local, regional, nacional e internacional.

**Anexos.-** Son elementos complementarios que contribuyen con información clave para la ejecución de la investigación como: Planos, formatos de registro de datos, modelos y/o fotos.



*Figura 12. Estructura referencial de una propuesta de investigación agropecuaria*