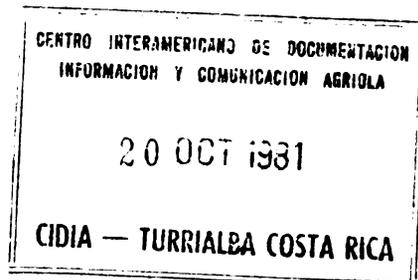


CATIE  
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
Programa de Cultivos Anuales



CIENCIA E INVESTIGACION

AGRICOLA

Notas preparadas por: Luis A. Navarro

Para discusión durante el "Curso sobre Técnicas y Estrategias para el Diseño de Opciones Tecnológicas como parte de la Investigación en Sistemas de Cultivo". IDIAP/CATIE, Panamá, 6-16 de octubre de 1980.

Turrialba, Costa Rica

1980



## CIENCIA E INVESTIGACION AGRICOLA

Luis A. Navarro\*

### INTRODUCCION

Ciencia es un producto humano, con un origen y evolución.

Surgió del instinto animal del hombre por explorar su ambiente para sobrevivir y alimentarse. Implica lograr conocimiento sobre ese ambiente.

Evoluciona así como el hombre se hace conciente de la utilidad de ese conocimiento. Su evolución es una sistematización en el uso, acervo y manejo de ese conocimiento.

El punto focal de la ciencia moderna es el conocimiento sobre la relación causa-efecto entre hechos o conceptos. Es ciencia pura cuando el fin es solo aumentar el conocimiento. Es ciencia aplicada cuando el fin es el uso práctico del conocimiento que se genere. Es muy cercano al concepto de tecnología.

Investigación científica es uno de los instrumentos desarrollados por el hombre para aumentar su conocimiento sobre hechos e ideas desconocidas.

Investigación agrícola es una rama especial de la investigación científica. Sus fines son de aplicación práctica, en algún momento, para beneficio de la agricultura.

En gran medida la Investigación Agrícola es Investigación Aplicada al desarrollo tecnológico de la Agricultura. Como una rama de la Investigación Científica utiliza el Método Científico como herramienta.

La tecnología agrícola desarrollada por investigación agrícola tiene efecto después de adaptada e implementada por los usuarios. Que lo último suceda implica la existencia de ciertos requisitos para la tecnología en desarrollo y el método usado. Parte de estos requisitos se encuentran en las diferentes fases que constituyen el proceso: generación (investigación) → difusión (adopción) de la tecnología. Los otros en el sistema de producción y tipo de unidad productiva (sistema de finca) en que el resultado será utilizado.

---

\* Ph. D. Economista Agrícola CATIE; notas para discusión.

## CIENCIA: ORIGEN Y EVOLUCION

Ciencia es un concepto difícil de definir. Tiene que ver, sin embargo, con conocimiento, su obtención, manejo y utilización. Es un producto humano y tiene un origen y evolución.

A. Génesis de la ciencia. El origen o causa inicial de la ciencia se atribuye al instinto del hombre por explorar el ambiente en que vive. Este instinto lo comparte con todos los animales.

Luego el hombre aprende que el conocimiento da poder para controlar el ambiente (y a otros hombres) y facilitar la vida del que lo posee. También aprende que es más eficiente aprender lo que otros ya saben que adquirir todo el conocimiento por su propia experiencia. Así empieza a acumular conocimiento y a pasarlo de generación en generación.

El claro que el material o causa material de la ciencia es el conocimiento comunal acumulado. Esto es el acervo de conocimiento válido según los criterios del momento. En un principio este conocimiento era mayormente descriptivo.

B. Evolución de la ciencia, inicio. El instinto de aprender por exploración no fue suficiente para desarrollar la ciencia.

Este desarrollo empieza cuando el hombre desarrolla un instinto utilitario. Entonces se da cuenta de la utilidad de acumular y conservar el conocimiento.

El desarrollo del instinto utilitario ha sido diferente y ha causado diferencias en el desarrollo científico de diversas partes del mundo. También en el desarrollo económico y dominaciones entre regiones.

Las diferencias en desarrollo de la ciencia se atribuye también, al instinto de la curiosidad espontánea. Esto llevaría a fortalecer la prueba y error como primer método para obtener conocimiento.

Todos los "instintos" se reforzarían.

C. Memoria; el primer banco de conocimiento. El problema de preservar el conocimiento lleva a la primera especialización intelectual; el erudito y la educación como institución. El conocimiento, cualquier parte estaba muy accesible en la mente de los eruditos.

Así como el conocimiento aumenta la memoria de los eruditos se hace insuficiente. Esto se resuelve con la invención de la escritura y el papiro.

El conocimiento sigue creciendo y surge un nuevo problema. Como archivar todas las proposiciones del conocimiento para luego encontrar la que se necesita sin revisar todo.

La primera idea aparente es el archivo taxonómico. Esto necesitó

de criterios adecuados como el orden cronológico para archivar datos históricos. Así los griegos llegan a sus antiguas discusiones sobre clasificación. Platón por ejemplo propone la dicotomía y Aristóteles la rechaza para la mayoría de los casos por imposible o inútil.

La clasificación como un medio de archivar existe aun hoy y también sus controversias.

C. De la taxonomía al archivo lógico. La búsqueda por un principio universal de clasificación llevó a los filósofos griegos a investigar la naturaleza de las naciones y sus relaciones. Esto dió nacimiento a la lógica y el término de un período difuso. Se debe a Aristóteles.

Aristóteles se inspiró en las pruebas lógicas de proposiciones geométricas que existían de mucho antes incluso en Egipto. Lo que él hizo fue conceptualizarla y describirla. Geometría es entonces la primera ciencia teórica.

El mecanismo por el cual se construye y mantiene una teoría es como sigue. Se ordenan en forma lógica las proposiciones  $P_1, P_2, \dots, P_n$  establecidas en un campo determinado del saber y se separan en dos clases ( $\alpha$ ) y ( $\beta$ ), de modo que:

- (1) Cada proposición- $\beta$  es consecuencia lógica de alguna proposición  $\alpha$ , y
- (2) Ninguna proposición- $\alpha$  es consecuencia de otra proposición- $\alpha$ .

Ciencia teórica es entonces, un catálogo que ubica proposiciones conocidas en un orden lógico (diferente del taxonómico o lexicográfico).

Entonces:

"Ciencia Teórica = Descripción Ordenada lógicamente".

D. Ciencia Teórica y Economía del Pensamiento. El archivo lógico del conocimiento no lo aumenta solo manifiesta al máximo la economía del algoritmo lógico. Ya no se necesita memorizar todo, solo los fundamentos lógicos de la ciencia correspondiente. Quizás ni los mismos griegos notaron bien esto. Ernst March en 1872 argumenta que ciencia "es experiencia arreglada en un orden económico".

Esta "economía" se basa en la premisa que memorizar es más costoso que razonar. Esto no es ciertos para todas las personas. Ambos, memoria y raciocinio pueden ser entrenados y el entrenamiento puede estar sesgado hacia uno de ellos. Hoy ante la existencia de computadores de gran capacidad el argumento puede ser más intrincado.

E. Diferencias entre Oriente y Occidente. La revisión hasta ahora parece indicar que el surgimiento de la ciencia teórica es consecuencia necesaria del desarrollo de la lógica. Sin embargo, tanto India como China habían desarrollado su lógica y aun más refinada. Ninguna sin embargo vió su utilidad para clasificar conocimiento de hechos. Consecuentemente la ciencia del este se quedó en la etapa taxonómica.

Lo que parece diferenciar el Oriente y el Occidente es la creencia griega en una Causa Inicial no divina y su búsqueda. Por ejemplo ya en el siglo VI A.C. Thales enseñaba que "la causa material de todas las cosas es el agua".

Posiblemente otras civilizaciones llegaron a la noción de causa y efecto pero solo los griegos dieron con la idea que el algoritmo es de dos vías. "Excepto para la Causa Inicial, todo tiene una causa y un efecto".

Por su interés en la causa inicial los pensadores griegos pusieron más atención a causas que a efectos.

De hecho Aristóteles descubre cuatro tipos de causa: 1) causa material, aquello de que algo está hecho, 2) causa formal la forma que hace que un ente sea como es, 3) causa eficiente (primera), el principio primero del cambio, quién hace la cosa, 4) causa final que es el fin, el para que.

Recordar hechos no era suficiente para los griegos, el conocimiento verdadero (entendimiento) incluye conocer las causas.

El Oriente no fue capaz de ligar el silogismo lógico con el algoritmo causa-efecto y organizar el conocimiento de los hechos en forma teórica.

Sin embargo hay otras causas, además de la falta de ciencia teórica, para el poco avance del conocimiento en el Oriente en los últimos dos milenios. Mientras Grecia buscaba la causa inicial, India buscaba la Esencia Absoluta de su Dios. Mientras los griegos creían que la verdad se obtenía razonando, los Indúes pensaban que la verdad se les revelaba mediante contemplación. Esto hace que el progreso en el conocimiento sea accidental y esporádico.

F. Razonamiento Inductivo versus Razonamiento deductivo. La lógica significa también el inicio del término del culto a la autoridad intelectual (eruditos). Incluso uno de los famosos silogismos lógicos refleja directamente esto:

1. Todos los hombres son mortales; (premisa)
2. Sócrates es un hombre; (premisa)
3. Entonces, Sócrates morirá: (conclusión)

También es el inicio de un gran período marcado por predominancia del razonamiento deductivo en la ciencia. Además hubo abuso y distorsión de las enseñanzas de Aristóteles. Enseñanzas contenidas en su obra "Organon" Siglo IV A.C.

En el argumento deductivo se llega (o deduce) a un hecho (o conclusión) específica (o particular a partir de la relación de dos o más hechos (o principios) generales (va de lo general a lo particular)).

Una de las posibilidades de la ciencia teórica es la derivación de nuevas proposiciones. Esto puede dar lugar a experimentación

u observación de la naturaleza para asegurar la consistencia entre el pensamiento y el mundo real. Este consejo de Aristóteles fue ignorado para muchos de sus seguidores que se enfrascaron en comprobaciones lógicas y nuevas deducciones.

La premisa utilizada fue de una correspondencia exacta entre el pensamiento y la cosa respecto a la que se pensaba. Hoy esto implica conocimiento perfecto sobre "la cosa" y que aún no existe. En ese tiempo significó muchos arumentes y deducciones erróneas, lejos de la verdad.

En el siglo XVI D.C. Francis Bacon ataca el método deductivo y critica a Aristóteles y sus seguidores. Fueron sin embargo los últimos que olvidaron el consejo de Aristóteles de basar generalización en hechos.

Bacon (antes ya lo había hecho L. da Vinci) manifiesta la necesidad de basar las conclusiones generales en hechos específicos mediante observación directa. Esto es el razonamiento inductivo que va de lo particular a lo general.

Bacon aconsejó ignorar la autoridad, observar cuidadosamente la naturaleza, experimentar, inferir, clasificar hechos para llegar a generalizaciones menores y luego de estas llegar a otras mayores. En especial aconsejó en contra de formular alguna hipótesis (o solución probable) hasta que todos los hechos han sido recolectados. Esto se ha considerado mecanístico.

Bacon publicó su 'Novum Organum' en 1620.

G. El método científico, como surge. Charles Darwin entre otros notó que el razonamiento inductivo, solo es insuficiente. Por años estuvo colectando datos biológicos esperando encontrar las generalizaciones, siguiendo fielmente a Bacon. Ese no fue suficiente hasta que por accidente su mente es llevada a aventurar una hipótesis (base de su teoría de la evolución) y empieza a probarla. Deduciendo de ella pudo agrupar sus datos para formar una teoría.

El accidente que guió a Darwin fue la lectura de los escritos de Malthus sobre crecimiento de la población y los alimentos.

Lo que hizo Darwin es la base del método científico, como lo conocemos hoy. Después de haber colectado muchos datos, el aventuró una hipótesis (una explicación posible según su mente) acerca de lo que esos datos indicaban. Luego con esa explicación o teoría tentativa como guía siguió investigando. Ahora necesitaba ver acaso su idea era apoyada o rechazada frente a evidencia (datos) adicionales que el colectaría. Así Darwin usó ambos tipos de razonamiento. Esta es la forma como la investigación científica moderna trabaja.

H. Ciencia su "anatomía y fisiología". Se ha visto que la ciencia tiene un origen y evolución. Su evolución se ha producido a través de reproducción, crecimiento y preservación.

Se reproduce en el sentido que proposiciones olvidadas pueden recuperarse por razonamiento a partir de sus fundamentos lógicos. Crece ya que de sus mismos fundamentos surgen nuevas proposiciones que pueden comprobarse con los hechos. Preserva su esencia pues cuando una contradicción, destructiva de alguna parte de sus teorías (un rechazo frente a los hechos) aparece, un mecanismo "automático" resuelve el problema (una teoría es rápidamente reemplazada por otra).

Además de estas características orgánicas que se le pueden atribuir a la ciencia, también tiene una anatomía y fisiología.

Anatómicamente, la ciencia teórica es un conocimiento ordenado en forma lógica.

Fisiológicamente, es una generación continua de ideas experimentales, que una vez probadas pasan a constituir parte orgánica de la anatomía. Ocasionalmente toda su anatomía cambia (cambio en paradigma) como consecuencia de su complejo "anabolismo". Este proceso se le llama "explicación", aunque la ciencia no explica nada.

Teleológicamente; ciencia teórica es un organismo en busca de nuevo conocimiento.

Algunos claman que el propósito de la ciencia es predicción. Este es el sentido que le dan los hombres prácticos. Puede ser utilizada para ello.

Para otros el propósito de la ciencia es manifestar el hábito analítico o satisfacer la curiosidad libre. Esto sin un sentido utilitario de los resultados sino por el desafío de enfrentar un problema. Cuando el problema se resuelve, el interés desaparece.

Otros dicen que ciencia es experimentación. En lo que se refiere a ciencia teórica, experimentación es una de sus funciones fisiológicas. Es parte de la ciencia como lo es investigación en un sentido más amplio.

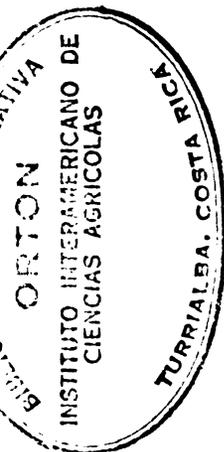
### INVESTIGACION CIENTIFICA

Investigación es búsqueda. Investigación científica es la manera en que la ciencia busca y encuentra nuevo conocimiento.

Investigación o búsqueda científica es un método para aprender nuevas verdades diferente del método fortuito, de la prueba y error, de la generalización por experiencia y del silogismo. También difiere del aprendizaje por intuición.

Sin embargo uno o varios de los otros métodos pueden ser importantes en una investigación científica determinada.

Investigación científica es una búsqueda ordenada, metódica. Hoy investigación científica se considera aquella que utiliza el método científico.



## Método Científico

El método científico consiste de varios pasos bien definidos.

1. Identificación del problema a investigar
2. Colección de los hechos esenciales relacionados con el problema
3. Selección de una o más soluciones tentativas al problema
4. Evaluación empírica de estas soluciones tentativas para determinar cual está de acuerdo con los hechos
5. Selección (o inferencia) final de la solución más probable.

### Características del Método

Se basa en la creencia que para cada fenómeno observable existe una explicación natural.

Rechaza la confianza extrema en la autoridad intelectual. Conclusiones pueden ser ayudadas por lo que expresa una autoridad pero son válidas solo cuando son apoyadas por la evidencia.

Los argumentos o discusión en apoyo de las conclusiones deben ser lógicos.

Las conclusiones deben estar de acuerdo con la evidencia (inductivo) y con los hechos conocidos y experiencia dentro del campo de estudio en que se investigue (deductivo). Lógica es el lenguaje del razonamiento y es básico en la investigación.

### Tipos de Investigación

La investigación se puede clasificar de varias formas, según los fines y criterios seleccionados.

La diferenciación más común es entre Investigación Pura e Investigación Aplicada. La diferencia es de grado en cuanto practicidad en los métodos empleados y utilización del conocimiento generado. Por lo mismo no existe un límite claro entre los dos tipos de investigación.

Más pura implica que la búsqueda del conocimiento es por el conocimiento mismo. Su única utilidad inmediata puede ser satisfacer una curiosidad o manifestar el hábito analítico del investigador. Puede resultar en algo muy importante de utilidad práctica. Ejemplo: avión de plástico invisible al radar; últimamente.

Más aplicada implica que el conocimiento que se busca tiene una aplicación preestablecida. Utiliza los mismos métodos generales. También aporta al acervo de conocimiento, satisface curiosidades y hábito analítico. Incluso puede resultar en conocimiento sin uso práctico inmediato.

Otra forma de clasificar la Investigación es por el campo del conocimiento en el que se realice. Ejemplo: Química, Física, Botánica, Zoología, Economía, etc.

También se puede clasificar según otros campos sus complejos como lo son diferentes industrias o agrupaciones de industrias en la economía. Una de ellas es la Investigación Agrícola.

### Investigación Agrícola

Investigación Agrícola es una rama especial de la Investigación Científica. Surge con fines de aplicación práctica en algún momento, para beneficio de la agricultura y su aporte a la sociedad.

En gran medida es investigación aplicada al desarrollo tecnológico de la Agricultura. Sin embargo ocupa un gran sector dentro del rango Investigación Aplicada propiamente tal e Investigación Pura.

Investigación Agrícola es esencialmente multidisciplinaria como la Agricultura. Sus métodos y resultados requieren de la concurrencia de varias disciplinas. Incluye de lo físico-biológico a lo socio-económico; de lo microscópico a lo macro-económico. La Agricultura fue el sustrato donde empezó a gestarse la ciencia.

Como toda investigación científica, la Investigación Agrícola en cualquier nivel y campo debe utilizar el método científico.

## INVESTIGACION AGRICOLA, EXTENSION AGRICOLA

### Y DESARROLLO TECNOLOGICO

Muchas veces se ha escuchado la opinión que ya existe tecnología agrícola mejor. Si la tecnología agrícola no se ha desarrollado en un lugar determinado se debe a fallas en la transferencia de esta. Esto sería válido para muchas áreas de Latinoamérica.

Esto puede ser en parte verdad pero no tan simple. Lo cierto es que apunta a un hecho. No es suficiente generar o saber que existe una tecnología mejor. El desarrollo tecnológico en la agricultura significa que los productores han adoptado, y están implementando esa mejor tecnología.

La adopción e implementación de una tecnología depende en parte de la eficiencia de los medios de transferencia. Pero también depende de la tecnología misma y los incentivos existentes para que el productor quiera utilizarlas.

La tecnología debe ser apropiada a las condiciones ecológicas y socio-económicas, que incluye a los incentivos, de los usuarios.

Los incentivos deben afectar primero la demanda por los productos agrícolas que implica la tecnología. Luego deben permitir y

y facilitar el uso de esa tecnología. Generalmente esto está invertido.

La ya existencia de mejores tecnologías es en lo mejor parcial, especialmente en la zona tropical. Existe para algunos cultivos, generalmente de exportación. También en estos el proceso y maquinaria de desarrollo tecnológico tiende a trabajar adecuadamente.

La existencia de mejores tecnologías para cultivos alimenticios en el trópico no es tan cierto. Pueden existir algunos componentes o lo que existe es apropiado para otras condiciones (ej: zonas templadas).

Es en este campo de la producción alimenticia en el trópico donde la Investigación Agrícola autoctona con fondos públicos tiene su mayor desafío.

El objetivo debe ser contribuir al aumento en la producción alimenticia de la agricultura para satisfacer las necesidades nacionales. También contribuir al bienestar del grupo de productores de esos alimentos. Esto lo puede lograr desarrollando tecnologías más eficientes y apropiadas pero también asegurando su difusión y adopción final. Esto significa que no puede actuar aisladamente para cumplir sus objetivos.

Todo el proceso que va desde el desarrollo de una tecnología hasta su difusión y adopción es campo de acción de varias instituciones. En particular de Extensión Agrícola e Investigación Agrícola pero complementadas por Mercadeo, Crédito y otras.

Para orientar su acción y ser más eficiente, Investigación Agrícola debe estar conciente de esto y de la necesidad de coordinar su acción con las otras instituciones. En especial con Extensión Agrícola:

FITO 987/80  
30/9/80  
LAN/mm