

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE PEDAGOGIA

0070  
CJ  
1985  
MAY 14 1985  
BIBLIOTECA

LOS MODELOS CAUSALES. SU APLICACION  
A LA INVESTIGACION PEDAGOGICA.



Tesis que para optar por el grado  
de Maestra en Pedagogía presenta:

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
ESTUDIOS SUPERIORES  
Maura Elena Rojo Ch.

México, 1985.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INTRODUCCION

Con la aspiración de apresar en un esquema inteligible el conocimiento verdadero de la realidad, el hombre, a lo largo de su historia, ha propuesto y ensayado las más diversas ideas, de entre las cuales la causalidad constituye una de las más antiguas y controvertidas. A través de ella se ha intentado regular metódicamente la comprensión y explicación del universo.

Siendo de esta manera la causalidad una de las más viejas ideas, se encuentra como tema central de las investigaciones de los viejos filósofos griegos e, igualmente, como preocupación inquisitiva de los filósofos y científicos contemporáneos.

En este mismo camino de búsqueda y prueba de sus conocimientos, el hombre ha desarrollado recursos virtuales para apoyar sus tareas. Así surge la matemática, cuyo propósito es el de coadyuvar al análisis y estructuración de la realidad mediante un lenguaje riguroso y exacto.

Causalidad y matemática son, pues, dos elementos que se vinculan en el trabajo que presento y en el cual mi intención específica es la de postular un ejercicio de reflexión causal en torno a la realidad educativa.

Tal ejercicio no constituye de ninguna manera algo novedoso; lo único que en este caso resulta original radica en el cómo. Esto es, en la proposición metodológica, en tanto argu-

mentación fundamentada, para establecer y comprobar vínculos causales entre las variables educativas a través de representaciones matemáticas.

La proposición radica en analizar las posibilidades y limitaciones de los modelos causales -un tipo de modelos matemáticos- en la investigación pedagógica, para obtener un conocimiento fundamentado y comprobado de la realidad educativa que nos posibilite la elaboración de la anhelada teoría pedagógica.

De este modo, quedan entrelazadas metodológicamente en relación con la investigación pedagógica tres ideas: causalidad, modelación y matemáticas; cada cual con una razón.

La causalidad se analiza como paradigma inquisitivo a través del cual es posible determinar la medida en que las variables que intervienen en los procesos educativos se copertenecen y se influyen -aquellas- unas a otras.

La modelación, como procedimiento sistemático de representación gradual y sucesiva de la realidad, es en este caso regulada por la reflexión causal.

Las matemáticas se aprecian como lenguaje simbólico para interpretar y procesar las complejas redes causales que reinan sobre la experiencia educativa.

La metodología que resulta de combinar estas tres ideas es compleja, tanto por su fundamentación como por la técnica matemática que demanda.

Sin embargo, la síntesis parece presentar un valor poten-

cial para sistematizar, probar y refinar nuestro conocimiento sobre la educación, conocimiento al que aspira -a mi entender- todo pedagogo comprometido con su disciplina.

Quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que de diversas formas apoyaron el desarrollo de esta investigación.

A la administración del Dr. Abelardo Villegas, debo el respaldo académico que me brindó al postularme como becario de la Facultad de Filosofía y Letras en el Programa de Formación de Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México. En él, inicié este proyecto.

A la Mtra. Libertad Menéndez agradezco su estímulo para concluir este trabajo.

Al Mtro. Roberto Caballero agradezco, de manera muy especial, su orientación y apoyo en el desarrollo de mis estudios.

Al Mtro. Enrique Moreno y de los Arcos, mi reconocimiento por haberme iniciado en este tema, así como por sus siempre acertadas observaciones y recomendaciones en la preparación y elaboración de esta investigación.

Al Mtro. José Madel agradezco su ayuda decisiva para presentar la versión final del escrito.

## 1. LA CAUSALIDAD.

En la historia del pensamiento científico y filosófico, la causalidad, como una de las categorías de la explicación científica, ha dado origen al desarrollo y exposición de un gran número de discursos que se han orientado algunos a favor y otros en contra.

En este sentido, la causalidad aparece como muchos otros términos que suscitan múltiples polémicas y que durante largos años son francamente torturados, tan al punto que aún en nuestros días, tras un largo avance en el desarrollo de la filosofía y de la ciencia, este término -con todas las implicaciones que lleva- nos sigue inquietando; pero, más que provocar una simple inquietud, se sigue presentando y utilizando como una categoría de explicación con amplio grado de validez y vigencia.

No han sido suficientes ni determinantes, o quizá, totalmente acertadas, las críticas y objeciones expuestas al respecto; como ejemplo podemos citar la crítica del distinguido filósofo inglés Bertrand Russell, quien en un ensayo escrito a principios de este siglo, hizo las siguientes afirmaciones:

"Todos los filósofos de todas las escuelas imaginan que la causalidad es uno de los axiomas o postulados fundamentales de la ciencia, aunque, cosa singular, la palabra 'causa' nunca aparezca en ciencias avanzadas... pienso que la ley de causalidad, como mucho de lo que vale para los filósofos es una reliquia de edades cadu

cas, y que, al igual que la monarquía, sobrevive porque erróneamente se supone que no perjudica". (1)

Si bien la causalidad no constituye el único principio de explicación científica, y si en ciencias avanzadas -como la física- éste ha sido substituído por el principio de funcionalidad, todavía es útil en el desarrollo de algunas áreas de conocimiento: es cuestión de analizar el terreno en el que nos situamos y los objetivos que se persiguen. Pero, en fin, no pretendo, ni es el propósito de este escrito, hacer un balance de objeciones y defensas vertidas en torno a la causalidad. Intento, más bien, presentar un panorama general de los distintos enfoques generados sobre esta categoría de explicación con el objeto de poder señalar, finalmente, la medida en que hoy podemos considerar que el planteamiento causal no ha sido desterrado de la ciencia y que, como consecuencia, es posible que lo utilizamos en el desarrollo de algunos campos del conocimiento que se encuentran en un estado llamémosle de: historia natural.

Ahora, al advertir que existen diversos enfoques "teóricos" en relación con la causalidad, es necesario que clarifiquemos y apreciemos el sentido dado al término causalidad y, con esto, distingamos posteriormente las diferentes interpretaciones metodológicas que se han desarrollado en torno a la misma.

---

(1) RUSSELL. "Sobre la noción de causa". En: Conocimiento y causa, 49-50.

### 1.1 Sobre la noción de causa.

Presentar una definición unívoca y satisfactoria para todos de la noción causa es, sin duda, tarea compleja en virtud de que el propio término es utilizado con diversos significados tanto en el terreno propiamente científico como en el de la vida cotidiana; vale decir entonces que lo que tenemos que hacer es tratar de delimitar el significado de la noción con el propósito de precisar su sentido y uso dentro del lenguaje estrictamente científico.

Ya desde épocas tempranas puede observarse cómo Aristóteles -precursor del desarrollo científico- expuso en su Física el siguiente argumento:

"Puesto que en toda clase de investigaciones en que hay principios, causas o elementos, el conocimiento y la ciencia se consiguen precisamente cuando uno ha penetrado o comprendido estos principios, causas o elementos -ya que no creemos haber captado o conocido una cosa sino cuando hemos conocido y captado a fondo las causas primeras, los principios o incluso los elementos-...". (2)

Por mucho tiempo este ha sido el sentido con que la noción 'causa' se ha manejado, -saber por las causas- esto es, saber por medio de hacer inteligibles los agentes que producen o provocan un cierto acontecimiento o estado de cosas tal, que podamos explicar concretamente lo que sucedió. Es decir, identificar con precisión los fundamentos o sucesos anteceden-

---

(2) ARISTOTELES. Física, 570-184 a.



tes y los sucesos consecuentes para dar cuenta de los fenómenos.

Visto así, la propia noción de causa no es, en sentido estricto, un producto ni de la filosofía ni de la ciencia, sino de la experiencia común de los hombres, en la cual aparece como una categoría reguladora de la comprensión del mundo en que vivimos. De ahí el concepto es incorporado al lenguaje científico y se convierte entonces en uno de los aspectos particulares del determinismo.\*

En su aplicación científica, la noción de causa se entenderá, pues, como una conexión entre acontecimientos o fenómenos donde hay un agente productor o mecanismo eficiente de la producción de un acontecimiento.

Sin embargo, a pesar de lo expresado anteriormente, no se acaba de precisar el sentido del término, ya que partiendo de esa simple idea -como lo ha notado Bunge- la palabra causalidad, científicamente, se emplea para designar una categoría, un principio y una doctrina. Tres significados que a lo

---

\* El determinismo se concibe como una hipótesis filosófica de la ciencia que postula que no existen ni principios ni finales absolutos, esto es, nada sale de la nada ni va a parar a la nada; todo es resultado de un proceso susceptible de ser conocido. Se señala que el concepto de causa aparece como aspecto particular del determinismo, en el sentido de que también hay determinismo estadístico, teleológico, dialéctico y estructural. La determinación causal se desarrolla entonces como un tipo específico de producción legal. Vid. WARTOPSKY. Introducción a la filosofía de la ciencia, 383-389; HEGENBERG. Introducción a la filosofía de la ciencia, 137-161; KAPLAN. The conduct of inquiry, 121-125.

largo del pensamiento causal quedan involucrados, en el sentido de que el principio causal implica la categoría causa, y la doctrina afirma la validez universal e indiscutible -su ficientemente probada- del principio causal.

En virtud de este señalamiento y con el intento de aclarar el sentido de la noción causa abordaré las designaciones de categoría y principio, ya que, indiscutiblemente, son las que nos permitirán hablar de causalidad.

Hay que tomar con cautela la doctrina causalista que, sosteniendo la validez del principio causal, niega todo posible tipo de explicación que no gire en torno a la categoría de causación.

Cuando se habla de la causación como una categoría, se está haciendo referencia justamente a un vínculo, al vínculo causal, a la relación que expresa que C puede ser causa de E, siendo E el efecto, de donde C es la fuente, fundamento o condición para que E se produzca; de este modo tenemos que, bajo esta perspectiva, la categoría de causación envuelve la idea de producción, convirtiéndola fundamentalmente en una categoría productiva que da cuenta de los antecedentes y consecuentes de un fenómeno:

"Cualquier cambio inicial producido (engendrado) tiene como resultado uno o muchos otros cambios. De ahí que estos acontecimientos (cambios de estado) ma rezcan el nombre de causa y efecto (... sólo los cambios pueden tener una eficiencia causal)". (3)

(3) BUNGE. "Conjunción, sucesión, determinación y causalidad". En: Bunge, et. al. Las teorías de la causalidad, 65-66.

Bien entendida la categoría de causación como una categoría de producción, es necesario advertir que tal vínculo de producción puede adoptar diversas modalidades que posteriormente se revisarán. Antes, es imprescindible poner de manifiesto un problema que salta a la vista cuando hablamos del vínculo causal como categoría; a saber, la controversia existente entre dicha categoría como meramente gnoseológica o como ontológica.

No han faltado teóricos que apunten que las causas son mera creación del intelecto humano sin existencia empírica alguna. Por otro lado, existen teóricos que afirman que las causas tienen una existencia empírica real.

En principio, la articulación de ambas posiciones puede advertirse en el señalamiento del profesor Raimo Tuomela.

Tuomela señala que el término 'causalidad' es semánticamente un concepto híbrido (mongrel). (4) Esto significa que tiene relación tanto con el mundo externo así como con el aparato conceptual que construimos para conectar las causas con los efectos. Este último vendría a ser la garantía que permitiría distinguir las secuencias causales de secuencias coincidentes y accidentales.

Convengo en que causas y efectos no son sólo ficciones de nuestro pensamiento; no son entelegías, realmente tienen una

---

(4) Cfr. TUOMELA. "Causality, ontology and subsumptive explanation". En: PRSELECKI y WOJCICKI. (Ed.). Formal methods in the methodology of empirical sciences, 268 y ss.

existencia ontológica real.

Aunque no podemos concebir ni causas ni efectos como eslabones tangibles y accesibles a nuestra experiencia sensorial, debemos valernos de un marco teórico que nos permita poner de manifiesto tal existencia -real- y, además, apreciar la forma en que se presenta la conexión, habida cuenta de ella en la realidad.

La realidad, en sentido metafórico, no expresa enunciados causales del tipo:

Siempre que C, entonces E.

Somos nosotros quienes a partir de la observación y de la reflexión postulamos las conexiones causales. Así pues, éstas sólo son concebibles únicamente en virtud de las observaciones y las investigaciones operadas, así como del fundamento teórico que sustente los postulados causales.

De este modo es posible establecer una relación entre lo ontológico y lo gnoseológico. Además podemos agregar, siguiendo a Eduardo Nicó, que un planteamiento causal, si aspira a ser legítimo, debe reconocer el significado ontológico de la causalidad:

"...partir del hecho de que las modalidades diferentes de la acción causal en el universo dependen de las variaciones ontológicas y ónticas de los entes que actúan como agentes causales". (5)

---

(5) NICOL. Los principios de la ciencia, 112.

Tal articulación expuesta pudiera parecer una solución simple, pero en todo caso constituye sólo una aproximación al problema y, fundamentalmente, un supuesto del que se parte para los capítulos posteriores de este trabajo. Esto es, la aceptación de una existencia ontológica y gnoseológica de las sucesiones causales.

Una vez señalado este aspecto se plantearán algunas consideraciones sobre la designación de la causa como una categoría.

Se ha aclarado que la causalidad, como la categoría representativa del nexo causal, posee una naturaleza genética. No obstante, cuando se habla de la categoría, un gran número de estudiosos añaden el punto de la necesidad, argumentando que cuando la ciencia adopta el concepto de causa le añade la idea de necesidad, que vendría como resultante de la conexión constante que deriva de la regularidad. Sin embargo, hoy se afirma, y así se ha demostrado, que la idea de necesidad no es una condición imprescindible del nexo causal, puesto que la producción de un acontecimiento en muchas ocasiones no se repite, o bien, se repite irregular u ocasionalmente; hecho que no invalida la relación causal que pueda haberse establecido.

Por lo tanto, regularidad, constancia y necesidad no son requisitos básicos y determinantes que permitan establecer el nexo causal al cual alude la categoría de causación.

Existen, por otra parte, un cierto número de condiciones que coadyuvan a especificar cuándo hay nexo causal o vínculo

de producción entre los acontecimientos. Tales condiciones se expresan así:

- C1. Hay una relación causal cuando quedan afectados dos sistemas diferentes, en los cuales uno es causa y otro es el efecto correspondiente.
- C2. Los acontecimientos considerados como causa, uno, y como efecto, el otro, deben presentarse conjuntos estocástica o regularmente, es decir, deben presentarse una vez, o bien, con frecuencia relativa.
- C3. Debe haber una relación de antecendencia de la causa con respecto al objeto, dicha relación de antecendencia no implica temporalidad, sino existencia. La causa debe tener una existencia cuando se presenta el efecto, de donde la relación causal dada puede tener la característica de contemporaneidad, o puede, en su caso, haber un intervalo de tiempo positivo o nulo entre la causa y el efecto.
- C4. La reacción del efecto sobre la causa debe ser más débil que la de la causa sobre el efecto, puesto que ésta es la relación de eficacia causal. La realimentación, entonces, si existe, debe ser despreciable.

Este conjunto de condiciones permiten en su caso evidenciar nexos causales entre eventos diversos.

Un segundo aspecto que es preciso abordar es el que se refiere al principio causal, que fue concebido por John Stuart Mill como el pilar de la ciencia inductiva. Dicho principio

fue expresado por Mill del siguiente modo:

"...en la naturaleza se producen casos paralelos; que lo que sucede una vez, vuelve a suceder, dando un grado suficiente de semejanza de las circunstancias". (6)

El principio de causalidad implica en primer lugar la aceptación del nexo causal, o sea, de la categoría de causalidad, pero además, subyace en él la idea de que los acontecimientos están relacionados entre sí, lo que suele expresarse sintéticamente del siguiente modo:

Si C, entonces E.

Donde se trata de acentuar la relación entre 'C' y 'E'.

En su sentido más restringido, el principio causal afirma que todo tiene una causa y un efecto y refinadamente esto se expresa indicando que: la misma causa produce (siempre) el mismo efecto.

De esta declaración se desprende un conjunto de axiomas que a continuación se enunciarán (7):

A1. Lo que sucede tiene una causa.

Esto significa que todo aquello que acontece es manifestación de un nexo causal y al intentar investigar el orden al cual pertenecen los acontecimientos, vamos en búsqueda del nexo causal específico que les da origen.

A2. Donde hay una diferencia en el efecto, hay una diferencia en la causa.

(6) MILL. En: NAGEL. La estructura de la ciencia, 293.

(7) Cfr. MACIVER. Causación social, 24-34.

De donde resulta que la investigación de las causas se orienta a la distinción de las diferencias entre las cosas, pues este axioma afirma que toda diferencia en el consecuente (efecto) deriva necesariamente de una diferencia en el antecedente (causa).

A3. Toda causa es el efecto de una causa anterior y todo efecto es la causa de un efecto posterior.

Este tercer axioma se fundamenta en que la causalidad es un concepto perteneciente a la realidad de las cosas y que por lo tanto tiene una continuidad en el universo que deviene, aunque los acontecimientos puedan ser discontinuos.

Visto así, el principio de causalidad se presenta como oposición al principio de indeterminismo o azar, que afirma que no hay condiciones que determinen los acontecimientos o sucesos; ante este último principio se puede considerar que es más acertado guiarnos por el principio de causalidad, que en un sentido más general implica que hay ciertas condiciones para que se produzcan los fenómenos, y que a través de la investigación, dichas condiciones son susceptibles de ser conocidas.

Hay quienes han sugerido que el principio causal designa un método para ordenar de cierta forma las evidencias empíricas y, justamente, este es el aspecto que retomaré: el principio causal como una directiva reguladora en nuestros procesos de búsqueda de la realidad; no convengo en tomarlo en su sentido restringido y ortodoxo pues esto limitaría las posibil-



dades de acción dentro de la investigación científica.

Puede sostenerse que hay relaciones causales, pero que una causa no produce siempre el mismo efecto, ni el mismo efecto tiene siempre la misma causa, esto queda circunstanciado al específico campo causal al que una investigación puede quedar adscrita.

Ahora bien, en un inicio señalamos que la relación causal podía presentarse con modalidades diversas, lo que nos lleva a hablar de la causalidad simple y de la causalidad múltiple. Estas modalidades se plantean de acuerdo a la caracterización que toma cada una de ellas.

#### Causalidad simple.

La causalidad simple se expresa formalmente diciendo:

Si C, entonces (y sólo entonces) E.

Donde se expresa una correspondencia de uno a uno y se implica la linealidad de la causalidad.

Esta modalidad presenta las siguientes características:

1. Correspondencia unívoca. Sólo hay una causa para cada efecto y viceversa. Hay correspondencia recíproca.
2. Condicionalidad. Si C, entonces (y sólo entonces) E, de donde C es factor condicional necesario de E.
3. Sucesión existencial. C debe preceder a E en su existencia.

Puede decirse que debido a la complejidad de los fenómenos o acontecimientos, la concepción de la causalidad simple como una hipótesis de trabajo puede ser superficial por la sencillez de la relación que se expresa en ella.

### Causalidad múltiple.

La causalidad múltiple implica dos posibilidades diferentes:

- a. La pluralidad de causas, en la que un cierto número de causas producen un efecto.
- b. La pluralidad de efectos, en donde una causa puede producir diferentes efectos.

La pluralidad de causas puede ser o bien disyuntiva o bien conjuntiva. La causalidad múltiple disyuntiva es aquella en la que un cierto número de causas producen alternadamente un efecto, y es concebida como la causalidad múltiple genuina, en tanto que, la causalidad múltiple conjuntiva implica la aplicación conjunta de las causas para producir un efecto. Puede considerarse que la conjunción deriva hacia lo que pudiera llamarse una causa total  $C$ , integrada por  $C_1, C_2, C_3 \dots C_n$ ; sin embargo, se dice que ésta no es causalidad múltiple genuina, en la medida en que puede devenir en una interpretación de la causalidad simple.

No obstante las dificultades que pudiesen surgir, concebir la causalidad múltiple como una hipótesis de trabajo es más acertado, ya que un acontecimiento puede haber sido generado por varias causas. De tal suerte, metodológicamente, la causalidad múltiple presenta muchas más ventajas que la causalidad simple.

Para la parte final de este primer inciso, he dejado uno de los problemas quizá más agudos de la causalidad, a saber,

el problema de la temporalidad entre causas y efectos.

Toda relación causal expresa una relación de antecedente y consecuente. Cuando se afirma que una cosa determina a otra queda implicada la existencia de un intervalo de tiempo entre ambos sucesos: causa y efecto.

La prioridad temporal es materia de controversia. Para algunos esta condición no debe estar contenida en las formulaciones de la relación causal, sólo se exige la precedencia existencial de la causa en relación al efecto, en el sentido de que la causa debe estar presente cuando se produzca el efecto. Esto hace que la idea de causalidad sea compatible con la idea de simultaneidad, que la causa y el efecto puedan producirse en el mismo instante. Un ejemplo puede ser el siguiente: si consideramos que la causa inmediata del escribir es el movimiento de la mano, ambos sucesos tienen una ocurrencia simultánea. causa y efecto operan al mismo tiempo.

Este ejemplo permite advertir con claridad que algunas causas y algunos efectos pueden ocurrir al mismo tiempo y que, entonces, la relación causal puede ser compatible con la idea de simetría.

Para otros, desde una postura que llamaré clásica, la prioridad temporal de la causa sobre el efecto es una condición sine qua non para establecer nexo causal. Esto sugiere que toda relación causal es en principio asimétrica.

Finalmente, algunos otros aceptan la posibilidad de una relación causal retroactiva, esto es, un tipo de causalidad en la cual los ciclos vuelven sobre sí mismos.

En fin, existe la posibilidad de resolver el problema de la sucesión temporal o, por lo menos, de ofrecer algunas opciones, ya que, como hemos advertido, la relación causal en algunos fenómenos es simultánea.

En parte esta polémica sobre la temporalidad, proviene del dilema de la contigüidad en la conceptualización del planteamiento causal.

Para concluir este primer inciso, sólo señalaré que de aquí en adelante se hablará simplemente de causalidad como una categoría representativa de la explicación científica, con existencia tanto ontológica como gnoseológica y, sobre todo, como una regla metodológica o norma reguladora de la investigación.

Podemos considerar que comprender la naturaleza de la causalidad es un requisito para aproximarse al conocimiento empírico.

## 1.2 Enfoques metodológicos para explicar la causalidad.

El análisis de la relación causal constituye una de las controversias filosófico-científica más aguda y candente, en virtud de la cual se ha desarrollado un buen número de discusiones que enfatizan, cada cual, un tipo de relación o modalidad para establecer la causalidad.

Para aclarar este inciso se manejarán, por lo menos en sus grandes rasgos, cinco enfoques teóricos que pretenden explicar la causalidad.

Dichos enfoques serán estudiados en su dimensión metodológica, en la que se articulan un conjunto de ideas y principios definidos acerca de los modos bajo los que se presenta en la naturaleza la causalidad. Esto es, cada enfoque acepta la causalidad como categoría que permite explicar cómo se producen los acontecimientos o fenómenos; difieren, en cambio, en las condiciones y circunstancias que deben presentarse para que se acepte la relación causal.

Los cinco enfoques son:

- 1.2.1 Enfoque aristotélico de las cuatro causas.\*
- 1.2.2 Enfoque de la regularidad de las causas y efectos.
- 1.2.3 Enfoque activista de las causas.
- 1.2.4 Enfoque de las condiciones necesarias y suficientes.
- 1.2.5 Enfoque probabilista de la causalidad.

#### 1.2.1 Enfoque aristotélico de las cuatro causas.

Sin duda, el primer análisis sistemático de la causalidad lo debemos fundamentalmente a Aristóteles, quien concebía que la ciencia, siendo de lo universal, se presentaba como una ciencia demostrativa que perseguía conocer las cosas por sus causas, las cuales son los posibles sentidos en los que se

---

\* Este enfoque es analizado principalmente por ser la primera exposición sistemática de carácter filosófico-científico en torno al pensamiento causal. Sienta parte de las bases de carácter formal para el desarrollo ulterior de esta categoría explicativa.

puede preguntar por qué algo es o existe.

De este modo, saber significaba para Aristóteles: demostrar apelando a la naturaleza de las distintas causas que generan un fenómeno.

Aristóteles definió la causa como:

"...primer principio del cambio o del reposo...el que hace algo es causa de lo que ha sido hecho, y el que estimula o causa el cambio de algo, es causa del cambio". (8)

Al distinguir este filósofo que no todas las causas eran de la misma naturaleza, las clasificó preferentemente en cuatro tipos: las causas materiales, las causas formales, las causas eficientes y las causas finales. Las primeras, las causas materiales, brindan el receptáculo pasivo sobre el cual actúan el resto de las causas; las causas formales proveen la idea o esencia de la cosa en cuestión, esto es, la forma idealizada del objeto; la causa eficiente, se concibe como el agente externo responsable del efecto, o sea, una compulsión o elemento externo; por último, las causas finales representan las metas o fines a lo que serviría todo.

De las cuatro causas expuestas, la única que se definió con particular claridad fue la causa eficiente, que supone una actuación ab extrínseco.

Estas cuatro causas son las que permitían explicar para

---

(8) ARISTOTELES. Metafísica, 959-1013a/1013b.

Aristóteles cualquier tipo de cambio y agotaban por sí todos los tipos de respuestas posibles que podrían ofrecerse al que pidiera una explicación sobre los cambios.

De este modo, al concebir Aristóteles que la causalidad podía adquirir varias modalidades, derivó entonces su teoría de las cuatro causas, y advirtió que ésta era aplicable tanto al terreno de los acontecimientos humanos como al terreno de los acontecimientos naturales.

Este análisis aristotélico de las causas dominó por muchos años al retomarse la causa eficiente como paradigma universal de explicación.

Puede decirse que aproximadamente hasta el año 1600 la tradición aristotélica de las cuatro causas ejerció una fuerte influencia en el desarrollo e interpretación de las ciencias. Asimismo, podemos considerar que es a partir de Aristóteles que se desarrolló el primer esquema de explicación causal.

### 1.2.2 Enfoque de la regularidad de las causas y efectos.

El patrón de explicación causal desarrollado por el enfoque de la regularidad, supone que cuando se explica la relación causal entre un conjunto de eventos o sucesos, sólo es posible hacerlo después de haber observado repetidas veces que un evento sucede a otro. Esto significa que existe una regularidad de producción en la relación de antecedentes y consecuentes. Así, la regularidad se asocia con la conjunción cons-

tante de los fenómenos, o la concurrencia de dos acontecimientos, de los cuales uno es causa y otro es efecto y en donde tal concurrencia ha sido observada numerosas ocasiones en circunstancias iguales.

Este enfoque de forma particular, lleva a señalar que a partir de la observación de un sólo caso, en el que se asocian causalmente dos eventos o fenómenos, no puede establecerse el nexo causal entre estos dos fenómenos, en virtud de que únicamente puede hacerse mediante regularidades observadas en varias ocasiones.

No se admite, entonces, en ningún caso, la relación accidental.

Sin lugar a dudas, es con Hume -representante del empirismo inglés- con quien la discusión acerca de la causalidad encuentra su ímpetu más elevado. El planteamiento que hace en torno a la causalidad ejerce una poderosa influencia en el desarrollo de las polémicas sobre esta categoría explicativa. Asimismo, es él quien sienta las bases y fundamentos para el desarrollo de este enfoque denominado de la regularidad, de modo tal, que a continuación se analizará su concepción de causalidad, así como las condiciones que señala y las reglas que formula para comprobar la relación causal y que años después retoma y refina Mill, presentándolas como los cánones de la inferencia inductiva.

Hume identifica la causalidad como un tipo de relación gnoseológica que depende básicamente de las ideas que se com-



paran entre sí y de las que se tiene noticia por medio de la experiencia.

El define una causa como:

"...objeto precedente y contiguo a otro, de modo que todos los objetos semejantes al primero estén situados en relaciones parecidas de precedencia y contigüidad con respecto a los objetos semejantes al último". (9)

De acuerdo con los supuestos de Hume, la relación causal es algo que no estamos capacitados para descubrir por sus propiedades sensibles, o sea, que al no poder conocer ninguna propiedad que relacione el efecto a la causa, y no poder señalar al primero como una consecuencia de la segunda, la relación causal o el vínculo causal entonces, sólo se llega a conocer a fuerza del pensamiento o razonamiento y nunca por una experiencia directa. Esto es debido a que la fuerza o poder que actúa en la supuesta relación permanece enteramente oculto a nosotros. Sin embargo, conocemos la causa como tal únicamente por la experiencia y lo mismo sucede con respecto del conocimiento del efecto. Pero, para Hume ¿qué relaciones son necesarias para establecer la causalidad?

El propone tres relaciones básicas, que debe reunir una conexión entre causas y efectos; tales relaciones son: a) Contigüidad, b) Sucesión y c) Conexión necesaria.

Siendo las tres relaciones esenciales, la última, de la conexión necesaria, tiene una mayor importancia. Veamos cada

(9) HUME. Tratado de la naturaleza humana/I, 297.

relación.

La primera relación, denominada contigüidad, implica la inmediatez de dos eventos, sucesos o fenómenos, esto significa que siempre que aparezca A debe aparecer necesariamente B de forma inmediata para poder suponer que existe una relación causal. En palabras del propio Hume la contigüidad significa lo siguiente:

"...sean cuales sean los objetos considerados como causas y efectos, son contiguos; de modo que nada puede actuar en un tiempo o espacio separado -por poco que sea- del correspondiente a su propia existencia. Aunque a veces parezca que objetos distantes pueden producirse unos a otros, al examinarlos se halla, por lo común, que están conectados por una cadena causal en la que las causas son contiguas entre sí...". (10)

Sobre esta primera relación de contigüidad, señalada por Hume como una de las condiciones que deben cumplirse para establecer la relación de causalidad, puede decirse que la contigüidad establece una asociación entre sucesos pero tal asociación puede no implicar una conexión de tipo causal, de ahí que se considere como prueba insuficiente de la conexión causal. Por otra parte, como lo señala Bunge, la teoría de la probabilidad permite hoy en día hablar de relaciones causales estocásticas. (11)

(10) Ibidem., 178.

(11) Bunge. Op.cit., 50-51.

Podemos concluir de esta relación que en efecto, la contigüidad es compatible con la causalidad, pero ésta no necesariamente la implica como condición del vínculo.

La segunda relación, que Hume denomina sucesión, y a la cual reduce el conocimiento de causa y efecto, determina que un objeto sigue a otro con una condición de precedencia temporal de la causa con respecto al efecto. El mismo Hume admite que aunque él mismo señala la sucesión como una relación esencial a las causas y efectos no es muy aceptada y queda sujeta a la polémica y la controversia.

No obstante hacer esta observación, concluye que la precedencia temporal es un factor determinante, puesto que supone la simultaneidad y con esto la coexistencia de los objetos conduce a anular la serie causal.

La tercera relación expuesta por Hume es la relación primordial que determina la conexión causal, a saber, dicha relación es la de la conexión necesaria, que se determina y confirma por medio de nuestras operaciones mentales. Se presenta, en rigor, como un reflejo de tales operaciones.

Desde la perspectiva de Hume, un objeto A puede ser llamado causa de uno de clase B si de acuerdo con nuestra experiencia objetos de clase A siempre son seguidos de objetos de clase B. Esta conexión sólo se experimenta en la mente y a partir de esta impresión se forma la idea de poder o conexión necesaria, que únicamente aparece o surge de la asociación constante de un número similar de eventos relacio-

nados. De ahí que la condición de conexión necesaria sea parte substantiva de la conjunción constante de la que deriva principalmente la idea de regularidad.

Sin embargo, a pesar de que Hume descubrió y expuso estas tres relaciones -motivo de controversia actual- para afirmar la conexión causal entre eventos, también desarrolló un sistema de reglas generales para poder conocer cuándo una cosa es la causa y cuándo es el efecto.

Las reglas postuladas por Hume son las siguientes:

1. La causa y el efecto deben ser contiguos en espacio y tiempo.
2. La causa debe ser anterior al efecto.
3. Debe haber una constante unión entre la causa y el efecto. Es sobre todo esta cualidad la que constituye la relación.
4. La misma causa produce siempre el mismo efecto, y el mismo efecto no surge en ningún caso sino de la misma causa. Debemos erigir este principio a la experiencia...
5. ...cuando varios objetos diferentes producen el mismo efecto, esto debe suceder por medio de alguna cualidad que descubrimos es común a todos ellos; pues como efectos similares implican causas similares, debemos atribuir siempre la causalidad a la circunstancia en la que descubrimos la semejanza.
6. ...la diferencia en los efectos de objetos semejantes tiene que deberse a la circunstancia en que difieren; pues como causas similares producen siempre efectos similares, cuando encontramos que en algún caso no se sigue lo que esperamos debemos concluir que esta irregularidad se debe a alguna diferencia en las causas.

7. Cuando un objeto aumenta o disminuya con el aumento o disminución de su causa, tendrá que ser considerado como un efecto compuesto derivado de la unión de varios efectos diferentes, que surgen de las varias partes diferentes de la causa. La ausencia o presencia de una parte de la causa se supone en este caso siempre acompañada por la ausencia o presencia de una parte proporcional del efecto. Esta conjunción constante prueba suficientemente que una parte es causa de la otra.
8. ...un objeto que existe durante cierto tiempo en toda su perfección, sin producir un efecto, no será la sola causa de ese efecto, sino que tendrá que ser ayudado por algún otro principio que pueda activar su influencia y operación. Pues como efectos similares se siguen necesariamente de causas similares, y en tiempo y lugar contiguos, su separación durante un instante manifiesta que esas causas no son completas". (12)

De estas ocho reglas postuladas por Hume para juzgar o descubrir la causalidad, la quinta, la sexta y la séptima, son teóricamente las más significativas dentro del pensamiento causal, y son las que posteriormente retomó y perfeccionó John Stuart Mill, llamándolas métodos experimentales de las semejanzas, diferencias y variaciones concomitantes respectivamente.\*

(12) HUME. Op.cit., 302-304.

\* Cabe notar que tales métodos tratados por Hume, y posteriormente por Mill, tienen sus antecedentes en Juan Duns Escoto y Guillermo de Occam en el siglo XIV. Duns Escoto desarrolló el método inductivo del acuerdo (método de las semejanzas) y Occam el método inductivo de la diferencia (método de las diferencias). Vid. LOOSE. Introducción histórica a la filosofía de la ciencia, 42-44.

Estos métodos quedaron expresados por Mill del siguiente modo:

1. Método de las semejanzas.

Si dos o más casos del fenómeno que se investiga tienen únicamente una circunstancia que les es común, dicha circunstancia en la que todos los casos concuerdan es la causa o bien, el efecto del fenómeno en cuestión.

2. Método de las diferencias.

Si un caso en el cual se presenta el fenómeno que se investiga, y otro caso en el cual no se presenta, tienen todas las circunstancias en común excepto una que se presenta únicamente en el primer caso, esa circunstancia en la que difieren los dos casos es o el efecto o la causa probable, o bien, una parte esencial de la causa de dicho fenómeno.

3. Método de las variaciones concomitantes.

Si un fenómeno que varía de cualquier manera, siempre que otro fenómeno varíe de la misma manera es, o una causa o un efecto de este fenómeno o está conectado con él por algún hecho de causalidad. (13)

Estos métodos o cánones de Mill, suponen la causalidad e intentan probarla por medio de la inducción que justifica los supuestos.

Siguiendo con el desarrollo de esta perspectiva de la

---

(13) Cfr. MILL. En: COPI. Introducción a la lógica, 425-427.

regularidad de los eventos para establecer el nexo causal, que encuentra sus principios básicos en el desarrollo teórico-filosófico expuesto por Hume, vemos como en la actualidad sus planteamientos se siguen reflejando en los trabajos teóricos que sientan las condiciones para el establecimiento de las leyes de tipo causal.

En este sentido, Nagel subraya que una ley es de tipo causal si satisface cuatro condiciones esenciales:

1. Debe ser una relación invariable y uniforme. Cuando se produce la causa debe producirse el efecto. (Sucesión).
2. La relación sólo adquiere validez entre sucesos espacialmente contiguos.
3. La relación debe tener un carácter temporal, la causa debe preceder al efecto y deben ser continuos uno con otro.
4. Debe haber una relación asimétrica: la causa opera como transformadora hacia el efecto. (14)

Puede observarse cómo las ideas de regularidad, sucesión y contigüidad expuestas por Hume se siguen requiriendo como condiciones para el establecimiento de la relación causal entre eventos.

Para concluir la revisión de este enfoque, cabe señalar que la idea de regularidad que subyace como principio representativo, no puede abarcar la totalidad de fenómenos que se producen en la realidad, ya que infinidad de ellos -asociados causalmente- muchas veces son, y algunas parecen ser, inevitablemente irregulares. Este hecho es más patente en el

(14) NAGEL. Op.cit., 79-80.

campo de las ciencias sociales, donde gran parte de los fenómenos se presentan de forma irregular.

### 1.2.3 Enfoque activista de las causas.

Bajo este enfoque, la causalidad se entiende en un sentido manipulativo, en el que los agentes pueden producir algo y esta producción se debe fundamentalmente a una acción intencionada.

Este enfoque ha sido particularmente explotado dentro de las ciencias sociales, ya que permite explicar la conducta de los agentes humanos en términos de las causas que provocan cierto estado de acontecimientos.

La explicación en esta perspectiva entre causas y efectos, se da en términos de la relación 'producido por medio de', y de este modo parte del supuesto de que las cosas se producen por un agente externo, por lo cual se hace necesario hablar de dos tipos de elementos que combinados conforman las causas:

- a. La causa quod, que se entiende como un estado de cosas o situación conocidas por un agente en cuestión.
- b. La causa ut, que se entiende como un estado de cosas a realizarse, en las que existe una intención que significa el sentido en que el agente actúa.

De este modo, una causa para que sea tal debe componerse al mismo tiempo de una causa quod (causa eficiente) y de una causa ut (causa final), esta combinación de elementos que



resultan en una causa recibirá el nombre de "razón primaria", esta razón primaria en términos causales es la única que permite explicar la intención de la acción.

Esto significa, en otros términos, que la razón primaria del agente conduce a racionalizar la acción, por lo que toda razón primaria de una acción se convierte en su causa.

Para entender cómo una razón racionaliza una acción, es necesario que la razón primaria cumpla la siguiente condición:

"C1. R es una razón primaria por la que el agente realizó la acción A bajo la descripción d, sólo si R consiste en una actitud favorable del agente hacia las acciones que poseen cierta propiedad, y en una creencia suya de que A tiene esa propiedad en la descripción d". (15)

Esta condición enunciada, implica actitudes favorables y creencias que a su vez también se convierten en condiciones y que pueden traducirse en la intención del agente para realizar una determinada acción. Cabe mencionar que en este sentido, conocer una intención no necesariamente implica conocer la razón primaria del agente.

Por otra parte hay que decir que la verdad del enunciado causal en esta visión no depende únicamente de los factores aludidos:

- a. Combinación de causa quod y causa ut en una sola causa.
- b. Identificación de la razón primaria, esto es, conocer la intención.

Sino también de los sucesos que se describen y princi-

---

(15) DAVIDSON. "Acciones, razones y causas". En: WHITE. La filosofía de la acción, 118.

palmente de cómo se describen éstos.

En su conjunto todos estos aspectos, pueden ser considerados como criterios para identificar las relaciones causales tomando como base este enfoque, en el que:

"...considerar causal una relación entre acontecimientos es contemplarla bajo la forma de una acción (posible)".  
(16)

Esta visión activista de la causalidad contempla la conducta del hombre en sus acciones, pero quizá principalmente en los aspectos de una condición intencional que se entiende como intención calculada y planeada.

En suma, este tipo de explicación por sus supuestos, así como por los criterios que maneja, se utiliza primordialmente en las actividades como la historia.

#### 1.2.4 Enfoque de las condiciones necesarias y suficientes.

Un principio esencial de esta visión es que los fenómenos ocurren siempre bajo ciertas condiciones o circunstancias. Así, se supone que cualquier evento o suceso que ocurra se presenta bajo un número infinito (posible) de condiciones complejas. Esto es, dentro de un campo causal de particular complejidad que depende de la naturaleza del fenómeno; algunas de las causas presentes dentro del campo en cuestión son significativas en relación con la presencia del evento, mien-

(16) WRIGHT. Explicación y comprensión, 98.

tras que algunas otras no tienen ninguna importancia.

Este planteamiento conduce a afirmar que ciertas condiciones bajo las cuales ocurre un evento son tales que sin su presencia no se hubiese producido el evento. Si dichas condiciones hubiesen estado ausentes y otras se hubiesen presentado sin producir diferencia alguna, esto revelaría que las primeras son necesarias a la ocurrencia del evento en cuestión.

Como puede advertirse se vuelve a introducir el concepto de necesidad para el establecimiento de la relación causal, pero veamos ahora qué es una condición necesaria y qué una condición suficiente.

Se dice que una condición es necesaria cuando debe estar presente para que se produzca un evento o suceso, esto es, que en su ausencia el fenómeno no se produciría.

Una condición es suficiente para que ocurra un fenómeno cuando en su presencia éste necesariamente ocurre.

Así, para expresar una relación causal de acuerdo con este enfoque tendría que hacerse una declaración del siguiente tipo:

A representa el conjunto, de entre todas las condiciones ocurridas, de condiciones necesarias y el conjunto de condiciones suficientes, para la ocurrencia de B.

La relación en este caso de necesidad se expresa del siguiente modo:

x ←————— A

de donde  $x$  significa que es una condición necesaria para que se produzca  $A$ .

La relación de suficiencia se expresa:

$$x \longrightarrow A$$

de donde  $x$  significa que es suficiente para  $A$ .

En el caso de que  $x$  fuese al mismo tiempo condición necesaria y suficiente, entonces la relación se expresaría:

$$x \longleftrightarrow A$$

Hay que hacer notar que las flechas que expresan la relación no tienen ninguna representatividad temporal.

Seguendo con la cuestión de condiciones necesarias y suficientes, Copi señala que en algunos casos:

"...la causa se identifica con la condición suficiente y ésta es considerada como la conjunción de todas las condiciones necesarias". (17)

En este caso la relación quedaría expresada así:

$$x \longleftarrow A$$

$$y \longleftarrow A$$

$$z \longleftarrow A$$

$$x, y, z \longrightarrow A = x, y, z \longleftrightarrow A$$

Visto así, los conceptos de necesidad y suficiencia puede decirse son recíprocos uno de otro, esto es, si cualquier con-

---

(17) COPPI. Op.cit., 420.

junto de condiciones es necesario para otro, ese otros es suficiente para el primer conjunto y viceversa.

El principal problema dentro de este enfoque es el llegar a determinar cuáles son aquellas condiciones sin las cuales un evento o fenómeno no puede llegar a ocurrir. Esto nos remite a la noción de campo causal, que podemos identificar como la región que abarca el tipo de fenómeno que en un determinado momento constituye el conjunto total de causas y efectos.

Para esta visión es un requisito que en una investigación o proceso de conocimiento sea especificado el campo causal, que permitiría distinguir las condiciones necesarias de las suficientes o, en su caso, distinguir las condiciones que a su vez son necesarias y suficientes.

#### 1.2.5 Enfoque probabilista de la causalidad.

Este quinto y último enfoque llamado probabilista, sin duda alguna representa el último desarrollo teórico, sistematizado principalmente por Patrick Suppes, para aplicar en un sentido sistemático la teoría de la probabilidad a la explicación causal. Esto es, al establecimiento de las relaciones causales entre los eventos de un espacio  $x$ .

Como el mismo autor señala, no es más que un enfoque operativo que no añade nada nuevo al lenguaje causal, salvo una interpretación que imprime al análisis causal una mayor amplitud y flexibilidad para establecer las relaciones cau-

sales -en términos probables- entre los eventos.

Desde este ángulo, "el concepto de causalidad no depende de conceptos probabilistas" (18). Estos, se introducen únicamente para inferir de las evidencias la presencia de relaciones causales.

Conviene destacar que a la exposición clásica ofrecida por Hume en torno a la causalidad sólo se le introduce una modificación, referida a que cuando establecemos un nexo causal entre un evento y otro, esta suposición se hace si la aparición del primer evento es seguida con una alta probabilidad por la aparición del segundo, y no existe un tercer evento que anule la probabilidad de relación entre el evento 1 y el evento 2.

Así pues este enfoque asume:

- a. Un espacio probabilista fijo en donde los eventos referidos son subconjuntos.
- b. Una dirección del tiempo. La causa siempre debe anteceder temporalmente al efecto.\*
- c. Un conjunto de definiciones y teoremas pertenecientes a la teoría de la probabilidad y que determinarán cuándo un evento es causa (qué tipo de causa) y qué evento es efecto.

Dentro de un espacio  $x$ , y refiriéndonos a la aparición de un fenómeno cualquiera, pueden detectarse diversos tipos de causas: aparentes, o denominadas prima facie, espurias,

(18) SUPPES. A probabilistic theory of causality, 44.

\* Vale destacar que se asume la relación causal como asimétrica.

directas, suplementarias y suficientes o determinadas.

Las causas aparentes o prima facie son aquellas que a primera vista parecen ser los agentes productores de un fenómeno.

Las causas espurias se refieren a eventos casuales o accidentales que se vinculan con el fenómeno estudiado.

Las causas directas son aquellas que se encuentran en relación de contigüidad con el efecto que producen.

Las causas suplementarias son aquellas que en coexistencia producen un efecto. Es condición necesaria que sea suplementaria una de la otra.

Las causas suficientes o determinadas son las que producen un efecto con una probabilidad de 1.

Para determinar el tipo de causa de un evento y asumirla como tal, se aplican las definiciones y principios de la teoría de la probabilidad. Así tenemos que:

I. Una causa es aparente o prima facie si, y sólo si, se satisfacen las siguientes condiciones:

$$1. \quad t' < t,$$

$$1.1. \quad P(Bt') > 0,$$

$$1.1.1 \quad P(At/Bt') > P(At).$$

de donde  $t'$  se entiende como un segundo tiempo,  $t$  como primer tiempo,  $P$  como probabilidad,  $Bt'$  se entiende como causa aparente y  $At$  como efecto.

II. Una causa es espuria si, siendo  $Bt'$  una causa aparente de  $At$ , existe una diferencia entre  $t''$   $t$  y un evento  $Ct''$  tal que:

$$1. \quad P(Bt' Ct'') > 0,$$

$$1.1 \quad P(At/Bt' Ct'') = P(At/Ct'').$$

de donde  $t''$  se entiende como un tercer tiempo y  $C$  como un tercer evento dados  $At$  y  $Bt'$ .

También se dice en este sentido que un evento  $Bt'$  es una causa espuria de  $At$ , si y sólo si  $Bt'$  es una causa aparente de  $At$ , y existe una diferencia entre  $t''$   $t$  y un evento  $Ct''$  tal que:

$$1. \quad P(Bt' Ct'') = 0,$$

$$1.1 \quad P(At/Bt' Ct'') = P(At/Ct''),$$

$$1.1.1 \quad P(At/Bt' Ct'') \neq P(At/Bt').$$

III. Una causa es directa si, dado un evento  $Bt$  que se considera causa directa de  $At$  se satisface que  $Bt'$  sea una causa aparente de  $At$  y no exista  $t''$  y ninguna partición  $IIt''$  tal para cada  $Ct''$  en  $IIt''$ .

$$1. \quad t' < t'' < t,$$

$$1.1 \quad P(Bt' Ct'') > 0,$$

$$1.1.1 \quad P(At/Ct'' Bt') = P(At/Ct'').$$

IV. En torno a las causas suplementarias tenemos que si los eventos  $Bt'$  y  $Ct''$  son causas suplementarias de  $At$  si se satisfacen las siguientes condiciones:

$$1. \quad Bt' \text{ como causa aparente de } At,$$

$$1.1 \quad Ct'' \text{ como causa aparente de } At,$$



$$1.1.1 \quad P(Bt' \mid Ct'') > 0,$$

$$1.1.1.1 \quad P(At/Bt' \mid Ct'') > \max (P(At/Bt'), P(At/Ct'')).$$

V. Finalmente, podemos determinar la suficiencia de una causa si tenemos un evento  $Bt'$  como causa determinada de  $At$ , y se satisface que:

1.  $Bt'$  sea una causa aparente de  $At$ ,

$$1.1 \quad P(At/Bt') = 1.$$

Como puede apreciarse en cada caso, siempre la dirección del tiempo se asume prioritariamente y el resultado del cálculo de probabilidad es el que determina cuándo un evento es causa y qué tipo de causa es.

Con esto tenemos una opción más para caracterizar la causalidad, que en el terreno específico de las ciencias sociales encuentra un valor particular en función de la naturaleza y aparición de los llamados fenómenos sociales, los que en amplia medida podemos calificar de estocásticos. Vale añadir a título de conclusión que esta perspectiva tiene un valor capital en tanto la ciencia contemporánea se explica en términos probabilistas.

Estos cinco enfoques teóricos -brevemente revisados- re presentan las posiciones que podrían llamarse clásicas y contemporáneas en torno al pensamiento causal.

Cada enfoque acepta de entrada la causalidad como categoría válida de explicación de los eventos, sin embargo, diferen en los supuestos, condiciones y criterios que estipulan para admitir el vínculo causal entre sucesos diversos.

Para concluir este primer capítulo abordaremos algunas reflexiones relativas a por qué se sigue aceptando la causalidad como un principio básico de la ciencia contemporánea.

### 1.3 La causalidad: un principio básico de la ciencia.

Desde la antigüedad, el hombre ha buscado diversos modos de explicarse y comprender la multiplicidad de sucesos y fenómenos que le han rodeado. Esta necesidad de comprensión es la que ha permitido generar en la evolución de las formas de conocimiento una riqueza de posibilidades y alternativas conceptuales, entre las que encontramos la causalidad, quizá, como uno de los primeros principios para la explicación del universo.

El universo, en general, está compuesto por una gran cantidad y variedad de eventos ligados entre sí. Estos eventos no se suceden arbitrariamente, ni por accidente, existe un orden bajo el que operan los distintos fenómenos, y es ese orden, el que intentamos descubrir apelando al conocimiento de sus diversas y posibles causas.\*

Este hecho fundamental es el que acusa la pertinencia de la causalidad en las distintas esferas del conocimiento científico, para explicar e interpretar sus imágenes.

---

\* Esto significa que la existencia de los fenómenos está determinada. Tal cuestión es explicada por una de las hipótesis filosóficas de la ciencia conocida como determinismo ontológico. Vid. BUNGE. La investigación científica, 323-324.

La reflexión causal, en este sentido, nos permite establecer lazos con el mundo y se constituye en un valioso instrumento de control y entendimiento en la medida en que nos permite formular leyes generales sobre la aparición y comportamiento de los fenómenos.

A pesar de que en la actualidad coexisten otros modos de explicación como el teleológico y el funcionalista y se argumenta su superioridad en ciertos campos del desarrollo científico -tratando con ésto de anular la eficacia de las explicaciones causales- es necesario remitirse a algunas consideraciones de orden general para argumentar la vigencia de la causalidad como alternativa válida de razonamiento y explicación.

1. Una de las características de la investigación científica es la búsqueda de explicaciones estableciendo relaciones de dependencia entre elementos que en apariencia se encuentran desvinculados. (19)
2. El rigor científico exige búsqueda de explicaciones sistemáticas. Estas, generalmente, se orientan hacia las relaciones entre elementos antecedentes y consecuentes.
3. La causalidad es una noción primaria en tanto pertenece a la naturaleza de las cosas.
4. Los diversos tipos de explicaciones pueden ser expuestos en términos causales.

---

(19) NAGEL. Op.cit., 18.

5. "...el fenómeno mismo de la causalidad no es una invención teórica: es un hecho de experiencia universal". (20)
6. La reflexión causal intenta evitar que se atribuya a los fenómenos un acontecer por azar; no obstante, si así fuese, el azar no suspende el régimen causal.
7. Ninguna forma de explicación contiene en sí un carácter genético o productivo, salvo la causalidad.
8. Los fenómenos causales son un factor constante en el universo.
9. Ningún hecho científico hasta el momento ha invalidado la causalidad.

Estas afirmaciones nos permiten articular los argumentos necesarios para sostener que, hoy en día, la causalidad sigue siendo un principio legítimo y vigente de la ciencia contemporánea; encontramos supuestos causales tanto en los resultados como en los procedimientos de la investigación científica moderna.

El viejo argumento aristotélico: saber por las causas, a título de paradigma sigue orientando y regulando nuestras investigaciones. Este hecho es a toda luz el que afirma la vigencia de la causalidad; sólo vale advertir en esta conclusión que:

"...Lo único que podrá entrar en crisis en el curso histórico de la ciencia es alguna de las fórmulas de la causalidad elaboradas por el pensamiento teórico, pero no la causación misma, porque ésta es materia de hecho". (21)

(20) NICOL. Op.cit., 97.

(21) Ibidem., 99.

## 2. LA MODELACION CAUSAL.

Los modelos, como su nombre lo indica, se entienden como una versión aproximada de la realidad, constituyéndose así en valiosas herramientas a través de las cuales el investigador intenta acercarse al hecho, evento o fenómeno que estudia en secuencias progresivas y graduales, hasta llegar a captar casi en su totalidad el objeto de estudio.

En los círculos científicos, los modelos han dado lugar a un gran número de discusiones que parten del análisis del concepto hasta el examen de las modalidades que puede adoptar, así como las posibles funciones que puede desempeñar al representar de forma abstracta y simplificada un sector de la realidad. Sin embargo, a pesar de la persistencia de polémicas, es indiscutible que los modelos se utilizan cada vez con más frecuencia en el terreno de la investigación social, para aprehender, comprender y finalmente, explicar los fenómenos sociales.

Bien puede decirse que hace tres o cuatro décadas, los modelos que comenzaron a difundirse y utilizarse en la investigación social eran simples aproximaciones esquemáticas a los fenómenos; pero advertimos que, con el paso de los años sumando a esto el avance de la investigación, el desarrollo de nuevas metodologías y técnicas así como la acumulación de nuestro conocimiento teórico-metodológico contamos con muy diversos tipos de modelos, algunos sin duda altamente sofisticados, con

los que intentamos estudiar la realidad social.

En esta ocasión nos interesa introducirnos en el terreno de la modelación causal, específicamente, la modelación estructural, esto es, el tipo de modelación que articula formulaciones verbales y formulaciones matemáticas a través de las cuales se representan las relaciones causales de los fenómenos que atraen nuestra atención.

Cabe advertir que, si bien es cierto que los modelos causales encierran severos peligros como todos los modelos, vale la pena apuntar que con ellos avanzamos en el campo de la metodología de la investigación social. En concreto, se han producido avances en la dimensión no-experimental, al proporcionarse material para desarrollar los argumentos que apoyan las ventajas de este tipo de investigación con respecto de la investigación experimental; sobre todo cuando aceptamos objetivamente que los fenómenos estudiados por las ciencias sociales -en nuestro caso la educación- son extraordinariamente complejos y cambiantes primordialmente.

En este sentido pasaremos a revisar algunas consideraciones en torno a los modelos causales.

## 2.1 Concepto de modelo causal.

Cuando nos referimos a una estructura que mediante un lenguaje determinado representa la realidad, nos estamos refiriendo sin duda a un modelo, esto es, a una herramienta de nuestro intelecto mediante la cual abstraemos y representamos

los elementos de mayor significatividad de un fenómeno específico. En esta perspectiva, un modelo es una representación abstracta y, las más de las veces, simplificada de un sector de la realidad.

Un modelo causal supone de este modo, una abstracción así como una representación de las interconexiones causales del sistema que se estudia.

En primer lugar, decimos una "abstracción" de las interconexiones causales, en virtud de que ésta procede una vez que se han realizado diversas observaciones sistemáticas sobre el fenómeno que se encuentra sujeto a estudio, y a partir de las cuales es posible establecer una suposición teórica sobre las variables que operan como causas en el sistema y las variables que operan como efectos dentro del mismo.

En segundo lugar, decimos una "representación" en tanto que con el auxilio de la herramienta matemática, trasladamos la formulación verbal a una formulación matemática, consistente en un conjunto de ecuaciones estructurales. Las cuales contienen, además de una relación ponderada entre las variables explicativas, una relación teórica causal con la que superamos una simple relación funcional entre las variables de la ecuación.\*

Los modelos causales también denominados "estructurales" involucran tres tipos de variables que a partir de la teoría

\* La relación ponderada se refiere a los parámetros estructurales. Estos son los factores de ponderación correspondientes a cada variable explicativa y miden el efecto de las fluctuaciones de estas variables sobre la variable explicada.

econométrica identificamos como: variables exógenas, variables endógenas y variables residuales o estocásticas.

Las variables exógenas corresponden a las variables independientes de la investigación experimental. Dentro de la investigación no-experimental adoptan otra denominación en virtud de que no existen condiciones de control, ni de constancia de las variables. En este tipo de investigación tienen que enfrentarse las realidades recurrentes que, sin duda, suelen ser más vagas y difíciles de valorar.

Las variables exógenas denotan el conjunto de variables explicativas del modelo, esto es, siempre son variables causales, cuya variación asumimos como determinada por factores externos al modelo. Este tipo de variables se caracterizan por:

- a. Ser invariablemente-explicativas, esto es: causales. Afectan o influyen a las variables endógenas, pero nunca se da el caso inverso.
- b. No constituir objeto de análisis ni de explicación del sistema que se estudia.
- c. Estar posiblemente correlacionadas entre sí, aunque no se persigue explicar su correlación.

Las variables endógenas equivalen a las variables dependientes de la investigación experimental y del análisis matemático y constituyen, en nuestro caso, las variables internas del sistema cuyo comportamiento pretende ser explicado por el modelo. La variabilidad de cualquier variable endógena par-



ticular puede estar determinada por cualquiera de las variables exógenas o por alguna otra de las variables endógenas.

Las variables residuales o estocásticas, son aquellas que se introducen en el sistema para indicar los efectos de variables no incluidas en el modelo. Estas variables recogen el conjunto de causas que no se encuentran explicitadas en un modelo; tales como:

- a. Errores de especificación.
- b. Errores en la medición de las variables endógenas.
- c. Omisión de variables explicativas.

Cabe advertir que:

"Un principio general que debe observarse en la selección de variables, es que la contribución explicativa de las que se excluyen debe ser proporcionalmente inferior a la debida al conjunto de variables incluidas". (22)

Por último debe señalarse que las causas de las variables residuales se asumen como desconocidas.

Los modelos causales entendidos como construcciones teórico-empíricas que adoptan un sistema multirrelacional, demandan para su formulación un conocimiento previo y excelente de los hechos, sucesos o eventos que estudiamos y, como lo señala Herman O. Wold:

"Dentro de los modelos causales un problema fundamental es el de la 'hipótesis' planteada, o sea, la hipótesis causal". (23)

(22) DAGUM y DAGUM. Introducción a la econometría, 30.

(23) WOLD. "Fusión de la economía y la filosofía de la ciencia". En: DAGUM, C. (Ed.). Metodología y crítica económica, 222.

La hipótesis causal constituye el soporte teórico de todo el modelo, de suerte que un error de especificación u omisión de variables conduciría posteriormente a la formulación de un sistema de ecuaciones inconsistente.

Hasta aquí lo dicho indica que nos estamos refiriendo con los modelos causales a una categoría específica de los modelos matemáticos que, a juicio de algunos teóricos, representan el tipo de modelos de mayor precisión y rigor científico, que ofrecen, además, la ventaja de establecer inferencias a través de la resolución del conjunto de ecuaciones que se definen. (24)

Ahora, veamos que existen algunas condiciones a ser tomadas en cuenta en el desarrollo de los modelos causales:

- C1. En la fase de observación del sistema debe visualizarse el juego completo de sus causas posibles, a fin de no omitir alguna o algunas causas que pudieran explicar el fenómeno en cuestión. Un error en esta fase nos llevaría a correr el riesgo de formular juegos de ecuaciones inconsistentes, como ya se mencionó. Corresponde a esta fase, especificar tanto las variables relevantes como el comportamiento de las mismas dentro del sistema.
- C2. Deben advertirse todas las causas latentes que no pueden observarse o medirse directamente pero que, de algún modo, ejercen una influencia sobre el sistema.
- C3. Debe establecerse formalmente el planteamiento hipotético

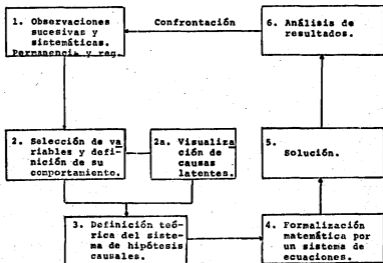
---

(24) BLACK. Modelos y metáforas, 222.

en el cual es preciso distinguir las causas y los efectos del sistema. En esta etapa se define formalmente el tipo de causalidad implicada en el sistema: lineal o con ciclos de realimentación. En cualquiera de los dos casos se asume como principio que la causa debe anteceder siempre temporalmente al efecto.

- C4. Debe sujetarse al rigor científico mediante el auxilio de algún método matemático que permita formalizar los enunciados verbales y, posteriormente, ponerlos a prueba para encontrar su solución.

Gráficamente la secuencia sería la siguiente:



El esquema muestra el ciclo de trabajo que debe seguirse

para traducir una formulación verbal a una formulación matemática. Esta segunda carece de sentido si no existe un soporte o conjunto de supuestos empíricos de los que parte para realizar su análisis.

En suma, podemos decir que los modelos causales, a través del razonamiento causal combinado con el razonamiento matemático, nos permiten aproximarnos a realidades sociales complejas y polifacéticas con el fin de poder explicarlas científicamente y establecer una predicción respecto de las mismas.

Asimismo, vale destacar que existen varias opciones para construir modelos causales en lo que corresponde a la formalización matemática. Sin embargo, todas ellas permiten insertar a la modelación causal como uno de los enfoques contemporáneos de la metodología social cuantitativa.

A continuación se revisará en lo general los diferentes tipos de modelos causales.

## 2.2 Tipos de modelos causales.

Dentro de la modelación causal existen diversos tipos de modelos que difieren entre sí por lo menos en cuanto a los siguientes aspectos:

- A1. El tipo de interconexión causal que establecen entre sí, y que puede ser lineal o con ciclos retroactivos que vuelven sobre sí mismos.
- A2. Los métodos matemáticos mediante los que se formalizan, a través de ecuaciones, los supuestos empíricos de la re-

lación causa-efecto.

Para nuestros propósitos, describiremos brevemente los siguientes tipos de modelos con el objeto de apreciar las diferencias que cada uno de ellos presenta:

- Modelos recurrentes o jerárquicos.
- Modelos no recurrentes o no jerárquicos.
- Modelos de bloque.
- Modelos recurrentes de bloque (partitivos).

### 2.2.1 Modelos recurrentes o jerárquicos.\*

Los modelos denominados recurrentes o jerárquicos, son aquellos en los que aparece una secuencia causal de tipo lineal. Formalmente se dice que son jerárquicos si:

"...el conjunto de ecuaciones estructurales puede ordenarse de tal modo que un efecto en cualquier ecuación no aparezca como causa en una ecuación antecedente". (25)

En estos modelos no existen ciclos de realimentación directos ni indirectos, el flujo de la influencia causal entre las variables contenidas en el modelo es unidireccional.

Vémoslo gráficamente en una representación en abstracto:

---

\* El término recurrente matemáticamente significa: "La designación para las funciones en las que se conoce el valor inicial y se determinan los sucesivos valores funcionales mediante una regla dada para determinar el siguiente a partir del valor funcional anterior". STROBOL. Matemática. Diccionarios Rolduero, 175.  
Vale anotar con relación al término recurrente que éste se maneja en la literatura especializada como "recursivo".  
(25) KENNY. Correlation and causality, 25.

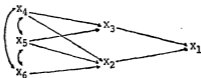


Diagrama 1.

En el diagrama 1, las relaciones causales son las siguientes:

Causa	Efecto	Causa	Efecto
X3	→ X1	X3, X2	→ X1
X2	→ X1	X6, X5, X4	→ X2
X6	→ X2	X5, X4	→ X3
X5	→ X2		
X4	→ X2		
X5	→ X3		
X4	→ X3		

Como puede observarse, todas las relaciones en el diagrama 1 son unidireccionales, no existe ningún ciclo de retroacción entre las variables del modelo.

Por otra parte, estos modelos recurrentes se caracterizan por sus matrices triangulares del tipo:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ 0 & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ 0 & 0 & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ 0 & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & 0 & 0 & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

Esta matriz se distingue de otras porque todos sus ele-

mentos, dados por el valor de los coeficientes, por encima o por debajo de la diagonal principal son ceros.\*

Además, es propio de los modelos recurrentes utilizar la técnica de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para estimar las ecuaciones del modelo.

En suma, un modelo recurrente es tal cuando:

1. Se establece una cadena causal entre las variables que comprende el modelo. ( $X_4 \rightarrow X_3 \rightarrow X_2 \rightarrow X_1$ ).
2. No existe retroacción entre las variables del modelo.
3. La estructura matricial de los coeficientes de las variables endógenas es triangular.
4. Acepta como técnica de estimación óptima a los mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

Se dice que los modelos recurrentes, son el tipo de modelo causal de mayor simplicidad y facilidad para su estimación y solución, en virtud de que únicamente establecen relaciones lineales.

### 2.2.2 Modelos no recurrentes o no jerárquicos.

Un modelo no recurrente o no jerárquico se identifica

\* Una matriz en este caso se entenderá como un esquema en el que se ordenan los coeficientes de un sistema de ecuaciones en dos sucesiones de índices (i,j), esto es en hileras o filas (i) y columnas (j). Una matriz triangular es aquella en la que los elementos  $a_{ij}=0$  para  $i < j$ , o para  $i > j$ , respectivamente. Vid. DAGUM y DAGUM. Introducción a la econometría, 214.

como tal cuando existe causación recíproca y ciclos de retroacción causal directa o indirecta entre las variables que comprende el modelo.

A diferencia de los modelos recurrentes en estos modelos se acepta la causalidad recíproca y retroactiva, esto es, nosotros podemos tener que X causa Y y Y causa Z, que a su vez causa X e Y. Gráficamente se representaría del siguiente modo:



Diagrama 2.

Como puede apreciarse en el diagrama 2 existe un ciclo de retroacción indirecto que vuelve hacia X, identificada esta variable como causa inicial.

En una estructura más compleja podemos apreciar las siguientes relaciones:

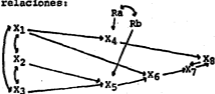


Diagrama 3.

R1. Relaciones causales directas entre las variables

(Ej.  $X_1 \rightarrow X_4 \rightarrow X_8$ ).

R2. Relaciones de causalidad recíproca ( $X_7 \rightleftarrows X_8$ ).

R3. Relaciones con las variables residuales (Ra y Rb).

Puede afirmarse desde la estructura del diagrama 3 que los



modelos no recurrentes son más complejos en su estructura e implican en su análisis problemas de identificación y, en su estimación, demandan el empleo de técnicas más sofisticadas.

Algunos investigadores sostienen que los modelos recurrentes pueden convertirse en modelos no recurrentes. Como apunta Robert Luskin en su artículo: "Estimating and interpreting correlations between disturbances and residual path coefficients in non-recursive causal models" :

"Actualmente los modelos no recurrentes comienzan a aparecer en las publicaciones periódicas; éstos ofrecen algunas ventajas sobre los modelos recurrentes, ya que permiten encontrar correlaciones entre las perturbaciones y no así los modelos recurrentes". (26)

Podríamos considerar entonces, que los modelos no recurrentes contienen un poder explicativo mayor que los modelos recurrentes.

En términos generales los modelos no recurrentes se reconocen porque:

1. Se establece causalidad lineal, recíproca y retroactiva entre las variables comprendidas en el modelo.
2. La estructura matricial de los coeficientes de las variables endógenas no adopta la forma triangular.
3. Se acepta como técnica de estimación los mínimos cuadrados bivariados (MC2E), o Método de Theil.

(26) Cfr. LUSKIN. Estimating and interpreting correlations between disturbances and residual path coefficients in non-recursive causal models, 445-446.

4. Se ofrece mayor poder para representar realidades polifacéticas de relaciones múltiples.

Un modelo no recurrente se entiende, entonces, como un sistema interdependiente y dinámico de variables que ofrece una alternativa para estudiar, como ya lo anotamos, fenómenos complejos; las objeciones en torno a este tipo de modelos, giran alrededor del concepto de causa que subyace en ellos y que muchos investigadores ponen en tela de juicio; sin embargo, a las objeciones levantadas los teóricos han respondido señalando que nadie tiene el monopolio ni los derechos sobre la definición de la causalidad. (27)

### 2.2.3 Modelos de bloque.

Los modelos de bloque, también de tipo estructural, se caracterizan porque en su solución matemática cada conjunto de variables endógenas es regresado sobre el mismo conjunto de variables exógenas. Esto da por resultado un procedimiento por "bloques" o paquetes de variables, que permite comparar los coeficientes de trayectoria parciales con sus correspondientes coeficientes de orden cero para determinar qué tanto del último puede considerarse como efecto indirecto. (28)

En estos modelos es posible determinar la correlación de las variables residuales con las variables endógenas, ca-

- (27) Cfr. STROTZ y WOLD. "Recursive vs. non recursive systems: and attempt at synthesis". En: BLALOCK, (Ed.). Causal models in the social sciences, 170-189.  
 (28) WOLFE. Strategies of path analysis, 193.

racterística que no se aprecia en los modelos recurrentes.

Un ejemplo gráfico de un modelo de bloque es el siguiente:

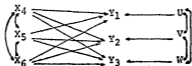


Diagrama 4.

En el diagrama 4, se distinguen básicamente tres bloques, el primero es el que comprende las relaciones entre  $Y_1$  y  $X_4, X_5, X_6$  y  $U$ ; el segundo, hace referencia a las relaciones entre  $Y_2$  y  $X_4, X_5, X_6$  y  $V$ ; y el tercero, contiene las relaciones entre  $Y_3$  y  $X_4, X_5, X_6$  y  $W$ .

Gráficamente los bloques podrían percibirse por separado de la siguiente manera:

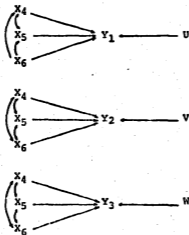


Diagrama 4a.

Estos modelos se caracterizan asimismo porque la forma matricial es triangular o diagonal\* por bloque del siguiente tipo:

$$B = \begin{vmatrix} b_{11} & 0 & \dots\dots\dots 0 \\ b_{21} & b_{22} & \dots\dots\dots 0 \\ \cdot & & \\ \cdot & & \\ \cdot & & \\ b_{R1} & b_{R2} & \dots\dots\dots b_{RR} \end{vmatrix}$$

Esto permite que el modelo se divida en submodelos interdependientes para su cálculo, en virtud de que están presentes bloques de ecuaciones en lugar de ecuaciones independientes.

Entonces, los modelos de bloque se caracterizan porque:

1. Se establece un proceso de regresión entre cada conjunto de variables endógenas con respecto del conjunto de variables exógenas.
2. Se define la correlación de las variables residuales con las variables endógenas.
3. Contienen una matriz triangular o diagonal por bloques.
4. Se dividen en submodelos independientes.
5. Aceptan la técnica de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para su solución.

\* Una matriz diagonal es aquella en la que: "...los elementos de la diagonal principal  $a_{ij}$  pueden variar con  $i$  y el resto de los elementos  $a_{ij}=0$  para  $i \neq j$ ...". DAGUM y DAGUM. Introducción a la econometría, 214.

### 2.2.4 Modelos recurrentes de bloque. (Partitivos).

Los modelos recurrentes de bloque se constituyen sumando las características de los modelos recurrentes y los de bloque, lo que da por resultado modelos que se distinguen por poseer las siguientes cualidades:

1. Contienen la posibilidad de dividir al sistema de interconexiones causales en subsistemas específicos.
2. Se admite en los bloques causalidad unidireccional y causalidad recíproca.
3. Las relaciones entre los bloques exclusivamente son recurrentes.

Gráficamente podríamos ejemplificar una estructura recurrente de bloque mediante el siguiente esquema:

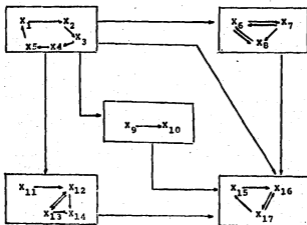


Diagrama 5.

A partir del estudio de los modelos recurrentes de bloque, podemos afirmar que éstos tienen la capacidad de proporcionar una representación mucho más segura de la realidad y que, a medida que el conocimiento teórico se acrecienta y consóida, brindan la oportunidad de ampliar nuestras proposiciones teóricas en torno a un hecho o evento concreto que se estudia.

Blalock señala que los modelos recurrentes de bloque:

"...parece que ayudan a clarificar relaciones entre diferentes teorías...probablemente un grupo de científicos sociales pueda encontrar la posibilidad de formular -en términos preliminares- "grandes teorías" que involucren un amplio número de variables separadas en varios bloques". (29)

No obstante las ventajas que ofrece este tipo de modelos, no se discute la enorme complejidad que abrigan sus estructuras.

Finalmente, cabe señalar que la estructura matricial de estos modelos es la mixta de los modelos de bloque, esto es, puede adoptar la forma triangular por partición, o la forma diagonal por partición.

Para la estimación de los parámetros del modelo es posible utilizar las técnicas de mínimos cuadrados indirectos (MCI) o mínimos cuadrados bietápicos (MC2E).

Recapitulando, podemos decir que estos modelos recurrentes de bloque:

---

(29) BLALOCK, Theory construction: from verbal to mathematical formulations, 73.

1. Se dividen en bloques independientes que contienen en sí relaciones causales simples unidireccionales.
2. Establecen una relación recurrente entre los bloques.
3. Su forma matricial puede ser triangular o diagonal por partición.
4. En la estimación de los parámetros de sus ecuaciones puede utilizarse la técnica de mínimos cuadrados indirectos (MCI) o de mínimos cuadrados bietápicos (MC2E).

### 2.3 Elementos para el diseño y formulación de los modelos causales.

Los modelos causales, entendidos como una categoría de los modelos matemáticos, requieren de ciertas condiciones para su diseño y formulación; motivo por el cual se han establecido un número específico de etapas a través de las cuales es posible llegar al diseño, formulación y solución de los modelos estructurales.

Antes de adentrarnos en su estudio, vale advertir que el tratamiento teórico-metodológico e instrumental que se ha desarrollado para tal efecto, adolece en la gran mayoría de los casos -por no decir todos- de una fundamentación que aporte las premisas lógicas sobre las cuales se levantan las suposi-

ciones causales que, posteriormente, se operativizan y formalizan con el auxilio del lenguaje matemático; hay que destacar en este sentido que gran parte de las metodologías avanzadas que utilizan los científicos sociales están plagadas de tecnicismos que, lejos de coadyuvar a su comprensión, vuelven complejas y difíciles las metodologías, eclipsando los fundamentos de las mismas.

Esta anotación cabe en tanto que, como antecedente de este capítulo, hemos descrito los diferentes enfoques metodológicos desarrollados para establecer nexos causales. Esto significa que detrás del método de análisis matemático que conduce a la formulación de los modelos estructurales, subyace una serie de supuestos metodológicos relativos a la causalidad. Estos supuestos necesariamente deben explicitarse a fin de aclarar el desarrollo y operación de la metodología que, para este caso, está constituida por el método del análisis de trayectorias (Path analysis).

Este método fue desarrollado por Sewall Wright en el área de la biología -en la década de los años veinte- con el propósito de probar modelos causales a priori, basados en la conceptualización del investigador sobre las relaciones existentes entre variables relevantes.

Debemos subrayar, e insistir en ello, el método de Wright no conduce al descubrimiento de relaciones causales en un conjunto dado de eventos; el método únicamente es útil para evaluar el grado en el que las correlaciones empíricas en-



tre las variables relevantes son consistentes con el modelo causal propuesto por el investigador. De aquí, que el éxito del método dependa lógicamente de la consistencia y certidumbre de los supuestos causales generados por el investigador.

Por otro lado, cabe mencionar que el método del análisis de trayectorias o de curso, se relaciona principalmente con el análisis de datos no-experimentales y con la ausencia consecuente de condiciones de control propiciadas por el análisis experimental.

Finalmente, vale apuntar que iniciado este estudio en el campo de la biología, posteriormente fue extendido a la investigación sociológica, a la cual fue introducido por Hubert Blalock, Dudley Duncan y A. Goldberger\* principalmente; y, en la década de los años setenta, encontramos sus primeras aplicaciones al campo de la educación. Es hasta fines de esa misma década que se advierte un interés concreto por una aplicación más amplia y consistente de esta metodología en la investigación pedagógica, como puede constatarse con los escritos aportados por James Anderson, Evans y R. Wolfle.

Las etapas que tienen que seguirse para el diseño de los

\* Estos autores han elaborado un desarrollo metodológico de particular importancia e impacto en las ciencias sociales. basta analizar dos de las obras más relevantes de estos autores: BLALOCK y BLALOCK. (Eds.). Methodology in social research; GOLDBERGER y DUNCAN. Structural equation models in the social sciences. Ambas obras destacan por sus aportaciones metodológicas a la investigación social contemporánea.

modelos causales son, a saber:

- La formulación verbal (teoría).
- La formulación matemática (análisis de trayectorias).
- El diagrama de trayectorias.
- El cálculo matemático.

### 2.3.1 La formulación verbal.

Todo modelo causal toma como punto de partida una formulación verbal, esto es, un conjunto de proposiciones teóricas relativas a un contenido empírico. Tal conjunto de proposiciones establece cierto número de relaciones intercausales entre un conjunto de variables identificadas con un carácter relevante por su comportamiento en el proceso explicativo de un hecho, evento o sistema.

En esta perspectiva, las proposiciones teóricas tienen una importancia capital en virtud de que a través de ellas articulamos en sistemas lógicos y significativos nuestras evidencias empíricas, lo cual significa imprimirles un orden que esperamos sea equivalente en su semejanza al orden real de los hechos empíricos.

Las proposiciones teóricas se revelan así como abstracciones que parten de nuestros procesos de observación. Mediante éstos estudiamos, analizamos y evaluamos la naturaleza de los hechos, su comportamiento, su permanencia y regularidad, con el objeto de recoger estos datos y conectarlos en un sistema teórico tal, que sirva de fundamento y paradigma en el proceso

de investigación.

Esto demuestra la significación de esta primera etapa en la construcción del modelo causal, ya que si el soporte teórico es incompleto, contiene errores o es falso, nos conduce a diseñar estructuras formales inconsistentes y sin solución que acaban por indicar la inexactitud de nuestras formulaciones verbales.

Es pertinente aclarar que cuando nos referimos a una proposición teórica, o simplemente a una teoría, no nos referimos a un sistema axiomático completamente definido sino a un acercamiento aproximado de naturaleza teórica que identificamos como un modelo. Investigaciones sucesivas pueden ir completando este modelo y puede, dado el caso, llegar a convertirse en una teoría en sentido ortodoxo.

Pero, si bien aquí establecemos relación entre una aproximación teórica con respecto a la realidad, para su elaboración debemos considerar las siguientes sugerencias:

1. Partir de observaciones rigurosas y sucesivas de la realidad.
2. Analizar la naturaleza del sistema.
3. Examinar el comportamiento (causa-efecto) de las variables del sistema.
4. Determinar la regularidad y permanencia de los comportamientos.
5. Seleccionar las unidades explicativas de mayor relevancia.
6. Ordenar las unidades estableciendo el tipo de relaciones específicas.
7. Formular los enunciados.

Con respecto a este último punto convendría añadir que los enunciados en su conjunto deberían satisfacer los requisitos de consistencia e independencia que proponen Dagum y Dagum. (30)

La consistencia de los enunciados, o de lo que podemos identificar como proposiciones iniciales que describen las causas del sistema, tiene que ver con la "no contradicción", esto implica que las proposiciones iniciales no deben ser antitéticas.

La independencia indica que ninguna de las proposiciones puede ser deducida como proposición de enunciados antecedentes.

Estas dos características son importantes en tanto que, en el proceso de formalización, quedarán reflejadas en el sistema de ecuaciones que definen al modelo matemáticamente.

Hasta aquí, hemos explicado la fase inicial donde se elabora el modelo conceptual y se parte de él para comprobar, mediante un método matemático (en este caso el análisis de trayectorias), su veracidad para explicar el sistema real.

Como segunda etapa encontramos la aplicación del análisis de trayectorias que opera inicialmente con la especificación de un diagrama de trayectorias (Path diagram).

### 2.3.2 La formulación matemática (análisis de trayectorias).

Después de especificar el conjunto de proposiciones median

(30) DAGUM y DAGUM. Op.cit., 41-42.

te las cuales se representa un cierto sector de la realidad, el modelo correspondiente se traduce a términos matemáticos. Esto es, se procede a definir el sistema ecuacional. Sin embargo, antes de pasar directamente a este punto vale precisar inicialmente -a través de un diagrama- las relaciones causales entre las variables involucradas en el modelo.

### 2.3.2.1 El diagrama de trayectorias.

El diagrama de trayectorias se define como:

"...una representación gráfica del modelo causal basada en la conceptualización del investigador en torno a las variables relevantes". (31)

Para construir el diagrama de trayectorias -que sólo constituye una herramienta auxiliar para ordenar las variables- se tienen que distinguir en primer lugar las variables que intervienen en el modelo causal y que son:

1. Variables exógenas, externas al sistema.
2. Variables endógenas, que son las variables a ser explicadas.
3. Variables residuales o estocásticas, que recogen las variaciones que afectan al sistema pero que no están especificadas.

Debe anotarse, asimismo, que las variables exógenas se situarán en el extremo izquierdo del diagrama, en tanto que las variables endógenas y las variables residuales se situarán

---

(31) CARDUCCI. Path analysis. A brief introduction, 4.

en seguida de las exógenas, por lo tanto, se ubicarán en la parte media y extremo derecho del diagrama.

Veamos a continuación un ejemplo:



Diagrama 7.

En el diagrama 7 podemos observar lo siguiente:

Las variables  $Z_1$ ,  $Z_2$  y  $Z_3$  son variables exógenas que no pretenden ser explicadas por el sistema y que posiblemente estén correlacionadas entre sí.

Las variables  $Z_4$ ,  $Z_5$  y  $Z_6$  son variables endógenas, y las variables  $Z_a$ ,  $Z_b$  y  $Z_c$  son variables residuales que recogen variaciones que afectan a  $Z_4$ ,  $Z_5$  y  $Z_6$  respectivamente.

Las reglas establecidas por Land para la construcción de los diagramas de trayectorias son las que a continuación se enuncian: (32)

R1. La relación causal que se postula entre las variables del modelo se indica utilizando flechas de una sola dirección que parten de la variable causal y se detienen ante la variable efecto.

(32) Cfr. LAND. En: CARBUCCI. Op.cit., 6.

Volviendo al diagrama 7, ahí tenemos que  $Z_1$  y  $Z_2$  son causas de  $Z_4$  que es el efecto, pero a su vez causa, junto con  $Z_5$ , de  $Z_6$ .

R2. Las relaciones no causales, sin explicación dentro del sistema (variables exógenas), se representan utilizando flechas curvilíneas de dos cabezas que unen a las variables externas cuya causa no pretende explicarse.

El ejemplo del diagrama 7 muestra la unión con flechas curvilíneas de las variables exógenas. En estos casos se desconoce la dirección del flujo causal.

R3. La influencia de la variable residual se indica con una flecha unidireccional que corre desde la variable residual hasta la variable afectada. En el diagrama este caso lo indican las variables  $Z_a$ ,  $Z_b$  y  $Z_c$ , desde las cuales se traza una flecha unidireccional que las relaciona en cada caso con la variable endógena que se ve afectada.

R4. En caso de existir causalidad recíproca, esta se explicita dentro del diagrama utilizando dos flechas unidireccionales con sentidos encontrados como lo veremos en el siguiente ejemplo:

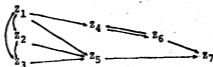


Diagrama 8.

Podemos apreciar, así, una relación de causalidad recíproca entre  $Z_4$  y  $Z_6$ .

R5. Cuando existe correlación entre las variables residuales, ésta se indica uniendo con una línea curva las variables residuales:

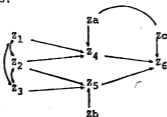


Diagrama 9.

R6. Por último, falta mencionar que en un diagrama de trayectorias es válido ubicar los coeficientes de trayectoria  $P$  que representan el valor numérico de la influencia causal postulada entre las variables causa y las variables efecto. Los coeficientes de trayectoria que se simbolizan con la letra  $P$  van acompañados de dos índices, el primero indica el efecto  $y$ , el segundo, la causa.

Veamos un ejemplo:

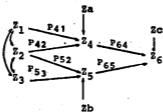


Diagrama 10.



Tomemos un ejemplo del diagrama 10,  $P_{64}$  es el coeficiente que da cuenta del valor numérico de la relación causal postulada entre  $Z_4$  y  $Z_6$ , donde  $Z_4$  es la causa y  $Z_6$  el efecto, de tal modo que los índices que se toman para identificar el coeficiente corresponden a cada una de las variables señaladas y, por convención, se ha acordado que el primer índice del parámetro denote el efecto (6) y el segundo la causa (4).

Hasta este punto se tiene definido el modelo gráfico del modelo conceptual y se dispone de todos los elementos para definir el sistema de ecuaciones (modelo estructural) y calcular los valores necesarios para su solución.

Retomando el ejemplo del diagrama 10, el sistema de ecuaciones estructurales sería el siguiente:

$$Z_4 = P_{41} Z_1 + P_{42} Z_2 + e$$

$$Z_5 = P_{52} Z_2 + P_{53} Z_3 + e$$

$$Z_6 = P_{64} Z_4 + P_{65} Z_5 + e$$

Este sistema se puede interpretar como una combinación lineal de las variables, donde cada una es multiplicada por su respectivo coeficiente de trayectoria.

El sistema resultante es triecuacional, equivalente al número de variables endógenas contenidas en el modelo causal; cada una de las ecuaciones expresa la relación matemática y teórica entre un conjunto determinado de variables y pretende explicar cada una un sector del campo que estudiamos, o bien, una categoría de la actividad del campo que se estudia.

Cuando llegamos a la definición del sistema ecuacional,

se procede inmediatamente a calcular el valor de los parámetros en cada ecuación.

### 2.3.2.2 Desarrollo del cálculo matemático.

Como ya habíamos anticipado, después de graficar las relaciones de las variables del modelo causal, se define el sistema de ecuaciones estructurales que explican la relación entre las variables e inmediatamente se pasa al tratamiento de los parámetros de las ecuaciones.

En el caso de los modelos causales, los parámetros (P) se denominan coeficientes de trayectoria o de curso, y su función es informar el valor del efecto de las variables explicativas sobre las variables explicadas.\*

En 1934, el autor del método del análisis de trayectorias definió los coeficientes de trayectoria (o de curso) como:

"La fracción de la desviación estándar de la variable dependiente (con el signo apropiado) por la cual el factor designado es directamente responsable, en el sentido en que la fracción que sea encontrada de este factor varía en el mismo grado que en los datos observados mientras todos los demás (incluyendo los factores residuales) se mantienen constantes". (33)

Así pues, como ya lo hemos apuntado, los coeficientes de trayectoria sugieren cómo una variable afecta a otra, de acuerdo con una interpretación teórica dada previamente, y a partir de

---

\* Existe un coeficiente de trayectoria para cada relación entre las diversas variables del modelo causal.  
(33) WRIGHT. En: CARDUCCI. Op.cit., 6.

la cual los valores adquieren un significado particular.

Ahora, veamos cómo se obtienen los coeficientes de trayectoria ( $P_{ij}$ ).

### 1.- El análisis de regresión.

En primer lugar, se tiene que realizar un análisis de regresión\*, mediante el que se regresarán las variables endógenas sobre cada una de las variables exógenas.

Ejemplo:

$$Z_4 = P_{41} Z_1 + P_{42} Z_2 + e$$

esto significaría que se regresaría la variable  $Z_4$  sobre  $Z_1$  y  $Z_2$  y esto procedería con cada una de las ecuaciones definidas en el sistema.

### 2.- Los coeficientes de trayectoria.

En segundo lugar, se pasa a calcular los coeficientes de trayectoria ( $P_{ij}$ ) basados en los coeficientes de regresión o pesos beta, obtenidos del análisis de regresión. Para el caso se utilizaría la fórmula que a continuación se muestra:

$$P_{ij} = B_{ij} \left( \frac{S_1}{S_i} \right)$$

De donde  $P_{ij}$  es igual al coeficiente de trayectoria,  $B_{ij}$  equivale al coeficiente de regresión o, peso beta, obtenido del análisis de regresión,  $S_j$  se entenderá como la desviación estándar de la variable independiente y, finalmente  $S_i$  será la desviación estándar de la variable dependiente.

\* Para un examen detallado del análisis de regresión, vid. ESCUDERO. Análisis estadístico de regresión y correlación en la investigación pedagógica. México: UNAM. (En prensa).

Los pesos beta, o coeficientes de regresión estandarizados, se obtienen con la fórmula:

$$B_{ij} = b_{ij} \left( \frac{S_X}{S_Y} \right)$$

en la cual,  $b_{ij}$  es igual al coeficiente de regresión del análisis correspondiente,  $S_X$  y  $S_Y$  equivalen a la desviación estándar de la variable independiente y de la dependiente respectivamente.

Conjugando las fórmulas anteriores tendríamos:

$$B_{ij} = b_{ij} \left( \frac{S_j}{S_i} \right) = P_{ij}$$

### 3.- Los coeficientes de correlación.

Se obtienen, en tercer lugar, los coeficientes de correlación entre las variables estudiadas utilizando la fórmula:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

Esta fórmula medirá la covariación de las medidas  $x$  e  $y$  que será cero cuando las dos variables en cuestión no demuestren estar asociadas.

Cabe advertir que:

"En los casos particulares en los que se regrese una variable endógena sobre una variable causal particular, el coeficiente de trayectoria será igual al coeficiente de correlación cero entre las dos variables.

$$P_{ij} = r_{ij} = B_{ij} (\sigma_j/\sigma_i) = B_{ij} \text{". (34)}$$

#### 4.- Descomposición de efectos causales directos e indirectos.

Una vez que se tienen todos los valores se elabora una tabla para consignar los efectos causales directos e indirectos.

El efecto causal directo es aquel que se especifica cuando una variable ejerce una influencia específica sobre una variable endógena, manteniéndose el resto de las variables constantes.

El efecto causal indirecto es aquel que se produce en una variable endógena específica, pero teniendo como intermediaria a otra variable del modelo causal.

Si volvemos a reproducir el diagrama 10:

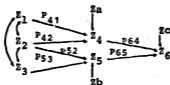


Diagrama 10a.

tendríamos que un efecto directo está medido por  $P_{52}$ , puesto que se está marcando un flujo causal directo de  $Z_2$  a  $Z_5$ .

Ahora, un efecto indirecto es aquel que existe entre  $Z_2$  y  $Z_5$  cuando analizamos que  $Z_2$  ejerce influencia sobre  $Z_3$  y  $Z_3$  sobre  $Z_5$ , de donde  $Z_3$  sería la variable intermedia.

La tabla de descomposición contendrá entonces las siguientes columnas:

A Variables relaciona- nadas.	B Correlación total	C Efectos Causales			F Efectos No causa- les.
		D Directos	E Indirectos	Totales	
$Z_4, Z_1$	$r_{41}$	$P_{41}$	$P_{42} \cdot r_{12}$	$P_{41} + (P_{41} \cdot r_{12})$	$B-E$ $r_{41} - (P_{41} + r_{41})$
$Z_4, Z_2$	$r_{42}$	$P_{42}$	.	.	.
.					
.					

Una tabla de descomposición contiene seis columnas que corresponden en el orden establecido a la siguiente información:

- Especificación de las variables relacionadas.
- Correlación total de las variables.
- Valor relativo al efecto directo, medido por el coeficiente de trayectoria o de curso.
- Valor relativo al efecto indirecto, medido por la suma de todos los coeficientes de las trayectorias que van de la variable causal a la variable efecto.
- Valor del efecto total, medido por la suma de los efectos directos e indirectos.
- Valor no causal, correspondiente a las variables residuales o estocásticas, cuyo valor se obtiene restando de los efectos totales la correlación entre las variables correspondientes.

En el caso en que los diagramas causales contengan rela-

ciones causales múltiples entre las variables relevantes, hay que obtener los coeficientes de trayectoria compuestos que son el resultado de una serie de trayectorias conectadas, como en el ejemplo que mostramos a continuación:

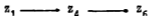


Diagrama 11.

A este sector del modelo estructural corresponden los parámetros  $P_{41}$  y  $P_{64}$ :

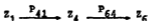


Diagrama 12.

El coeficiente compuesto será  $P_{61}$  y se obtendrá multiplicando los coeficientes de trayectoria parciales  $P_{41}$  y  $P_{64}$ :

$$P_{61} = P_{41} \cdot P_{64}$$

El coeficiente de trayectoria compuesto es importante en el análisis causal para la determinación de los componentes causales indirectos, cuyo valor se obtendrá sumando todos los coeficientes compuestos especificados entre cada dos variables de interés.

Es necesario advertir en el tratamiento de los coeficientes compuestos que, en su solución, no es posible admitir más de un coeficiente de correlación entre dos variables, ni repetir dos veces una misma variable.

Estos señalamientos se convierten en las restricciones metodológicas de los coeficientes compuestos.

Hasta este punto el investigador cuenta ya con todos los elementos para realizar su análisis causal y determinar de acuerdo con los valores si las relaciones causales supuestas en la teoría son válidas por la significación de los valores, o si éstas son espurias, es decir, meramente casuales.

De aquí se sigue entonces que el último paso del modelo está referido a la prueba de la teoría, esto es, del conjunto de proposiciones causa-efecto iniciales que constituyen el soporte empírico del modelo y que mediante el método del análisis de trayectorias se intenta comprobar su veracidad.

#### 5.- Prueba del modelo.

Para poner a prueba un modelo de trayectorias específico, es necesario que el investigador ajuste o bien, simplifique el modelo suprimiendo algunas trayectorias e intentando, a su vez, reconstruir la matriz de correlaciones original.

La supresión de trayectorias puede realizarse atendiendo a dos criterios:

- C1. El primero destacaría la baja o nula significación del efecto ( $p < 0.5$ ) que sugiere el valor de una trayectoria específica.
- C2. El segundo, subrayaría una relación indirecta a través de la influencia de otras variables.

Eliminadas las trayectorias que no son significativas, se compararía la matriz de correlaciones original, con la matriz de correlaciones reconstruida a partir de la simplificación del modelo.



Como resultado de la comparación entre las matrices podemos obtener tres posibilidades.

La primera, obtener un conjunto de discrepancias altas y numerosas, lo que nos conduciría a aceptar que el modelo no es consistente para soportar las suposiciones causales establecidas en la teoría.

La segunda, obtener un conjunto de discrepancias bajas ( $p < 0.5$ ) y poco numerosas que significarían que el modelo constituye una explicación posible de los supuestos teóricos.

La tercera, no obtener discrepancias, lo que permitiría afirmar la consistencia del modelo y, consecuentemente, aceptarlo como explicación válida de la realidad estudiada.

El método del análisis de trayectorias así bosquejado parece simple, sobre todo cuando el investigador procesa los datos con el auxilio de un programa de computación específico. Obtiene con él los valores de las correlaciones parciales y los coeficientes de regresión estandarizados. Sin embargo, esta aparente simplicidad resulta falsa en tanto existen algunas condiciones de operación técnicas del modelo que, en algunos casos, se asumen como conocidas o acaso ni se mencionan. Nos estamos refiriendo precisamente a los problemas de identificación que deben ser tratados antes de proceder a la solución del sistema de ecuaciones estructurales, en virtud de que la solución del sistema ecuacional está subordinada a la identificación previa del mismo.

El problema de la identificación de las ecuaciones.

La identificación comprende en este procedimiento la posibilidad de estimar los parámetros del modelo, de tal modo que éstos sean consistentes.

De acuerdo con Kenny,

"La identificación no tiene nada que ver con el número de observaciones...sino más bien con el número de correlaciones entre las variables medidas. Una condición necesaria, pero no suficiente, para poder identificar y entonces estimar los parámetros del conjunto de ecuaciones estructurales, es que el número de correlaciones entre las variables medidas sea igual o mayor que el número de parámetros causales. Esta condición necesaria es denominada la condición mínima de la identificación". (35)

Otros autores expresan esta misma condición mínima señalando que el número de variables predeterminadas (exógenas) que pertenecen al modelo, pero no a las ecuaciones, debe ser igual o mayor que el número de variables endógenas de la relación menos una, como se indica en la siguiente expresión:

$$K'' \geq G' - 1$$

Donde  $K''$  es igual al número de variables predeterminadas y  $G'$  es igual al número de las variables endógenas.

Otra regla que también es posible utilizar en este caso es la siguiente:

"La condición necesaria para la 'identificabilidad' de una relación estructural es que el número de variables (endógenas y exógenas) del modelo que no figuran en la ecuación sea igual o mayor que el número de relaciones del modelo menos una". (36)

(35) KENNY. Op.cit., 34.

(36) ALCAIDE. Econometría y modelos econométricos, 31.

De este modo, cuando se cumplen las condiciones mínimas de "identificabilidad" y encontramos un número igual de coeficientes y parámetros, entonces, se dice que es una ecuación: exactamente identificada, y cuando es posible identificar todas las ecuaciones del modelo, se deduce que este es identificable.

Para determinar operativamente la identificación vamos a describir a continuación el procedimiento que sugiere Kenny en su obra Correlation and causality, (37):

**Procedimiento para evaluar la identificación:**

1. El primer paso consiste en determinar el número de correlaciones entre las variables observadas. Si se han medido  $n$  variables el número de correlaciones es  $n(n-1)/2$ .
2. A continuación, se enumeran los parámetros estando seguros de incluir:
  - a. Todos los coeficientes de trayectoria.
  - b. Todas las correlaciones entre las variables.
  - c. Todas las correlaciones entre las variables residuales omitiendo sus coeficientes de trayectoria.

Retomando el ejemplo dado por el autor, tenemos el siguiente modelo estructural:

(37) KENNY. Op.cit., 35.

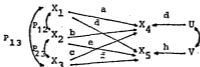


Diagrama 13.

Donde existen: 10 correlaciones y 10 parámetros causales,  
6 coeficientes de trayectoria ( $a, b, c, e, f, g$ ),  
3 correlaciones entre las variables exógenas ( $P_{11}, P_{13}, P_{23}$ ) Y  
1 correlación entre las variables residuales ( $P_{UV}$ ).

Por lo tanto, del análisis resultante se puede considerar que el modelo es exactamente identificable.

Ahora, cuando existen más parámetros que correlaciones estamos ante un problema de sobreidentificación. Si un modelo es sobreidentificado significa que existen dos estimaciones de un parámetro causal y si las funciones de las correlaciones son conjuntos iguales entonces hay una ecuación que señala dos conjuntos de correlaciones iguales. De tal suerte, la igualdad resultante es una restricción de la sobreidentificación. (38)

Una tercera posibilidad dentro de esta problemática es la de encontrar un modelo subidentificado.

La subidentificación se presenta cuando el número de coeficientes con restricciones es insuficiente para resolver las

(38) Vid. KENNY, Op.cit., 35-36; y DAGUM Y DAGUM. Op.cit., 182.

ecuaciones. (39)

Kenny propone un procedimiento empírico para determinar la subidentificación y que consiste en lo siguiente:

"Después que se ha determinado que un conjunto de ecuaciones en principio es identificable y se han obtenido las estimaciones para cada parámetro, uno puede examinar cuidadosamente el denominador de cada estimación y advertir la condición bajo la cual es igual a cero; esta condición define la subidentificación empírica". (40)

Como puede advertirse, el método afronta problemas diversos para la estimación de sus parámetros. Sin embargo, a pesar de estas dificultades, el método del análisis de trayectorias se caracteriza por su potencial heurístico al permitir que el investigador ponga en juego una teoría y posteriormente contraste sus resultados trabajando el modelo aceptado con observaciones diferentes.

Si al procesarse información nueva el modelo continúa siendo consistente, se da la posibilidad de utilizarlo para establecer una predicción confiable sobre el fenómeno estudiado.

Por último, conviene advertir, y tomar en cuenta, que existen diversos procedimientos matemáticos y métodos diversos de estimación de relaciones como:

- Método de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO).
- Método de los mínimos cuadrados bietápicos (MC2E).
- Método de los mínimos cuadrados indirectos (MCI).

(39) KMENTA. Elementos de econometría, 649.

(40) KENNY. Op.cit., 39-40.

- Método de máxima verosimilitud con información completa.
- Método de máxima verosimilitud con información incompleta.
- Método de los mínimos cuadrados trietápicos (MC3E).
- Estimadores K.
- Método del punto fijo o método de Wold.

Estos métodos sugieren la pertinencia de relaciones causales postuladas en el soporte teórico. No cabe la menor duda que tanto el proceso de observación, así como la formulación del conjunto de principios teóricos específicos, determinan en gran medida el éxito o fracaso del sistema formal de ecuaciones.

Para concluir este apartado, esbozaremos algunas de las características del empleo de modelos causales en las ciencias sociales, concretamente en la economía, en tanto que los precursores de la modelación causal inician sus estudios, pruebas y trabajos dentro de este campo. Asimismo se analizará su aplicación dentro de la investigación sociológica y finalmente en la educación, cuyo tratamiento específicos estará presentado en el tercer capítulo de este trabajo.

Pasemos así a una revisión general de los modelos causales en las ciencias sociales.

#### 2.4 Aplicaciones básicas de los modelos causales en las ciencias sociales.

Durante las últimas décadas, un gran número de científicos sociales se ha preocupado por explorar nuevas metodologías que

les permitan incursionar en sus campos específicos con herramientas más precisas y poderosas para aprehender las complejas realidades sociales.

Este es pues el caso de la modelación causal o estructural, cuya aparición en las ciencias sociales no es tan reciente como creemos. Reciente es, en cambio, el refinamiento con el que se viene aplicando desde la década de los setentas en diferentes disciplinas.

La modelación causal persigue dar respuesta a una cuestión de suyo eterna en el campo de la investigación científica y que está referida al ¿por qué? de los fenómenos. ¿Por qué?, que va desde la aparición de un fenómeno, el estudio de su comportamiento hasta el examen de sus cambios y transformaciones. En fin, con esta pregunta que alude al conocimiento de las causas de los fenómenos, procesos o sistemas, intentamos encontrar el orden al cual pertenecen así como las relaciones que existe, entre ellos.

Huelga decir que "toda nuestra investigación es una búsqueda de relaciones y toda nuestra ciencia es el conocimiento de sistemas de relaciones". (41)

Las relaciones en el campo de lo social se hacen complejas y difíciles de estudiar en tanto que no responden a un orden invariante, por el contrario, las ciencias sociales se caracterizan por la variación de su orden, por comprender fenómenos com

---

(41) MACIVER. Op.cit., 85.

plejos donde las relaciones son en muchos casos sutiles, obscuras e impredecibles; quizás esta característica distintiva de lo social es lo que ha dificultado -sin duda- el crecimiento científico de sus disciplinas y en algunos casos, su madurez.

A pesar de que el reconocimiento de estos aspectos parece ser ya "un lugar común" en el pensamiento de los científicos sociales no está por demás citarlo en este tratamiento del tema.

Ahora, aceptar que la investigación metódica de las causas sociales se acompaña invariablemente de dificultades especialísimas, no anula ni reduce las necesidades imperativas de llevarla al cabo, su necesidad reviste una importancia capital en virtud de que la identificación de los nexos causales entre los fenómenos nos permite:

1. Conocer el grado en que diferentes fenómenos se copertanecen y por lo tanto existe una asociación causa-efecto entre sus eventos.
2. Conocer el comportamiento específico de las variables que integran los fenómenos.
3. Conocer las trayectorias que siguen y dan lugar así a sus cambios y transformaciones.

En suma, digamos que a través de la investigación metódica y rigurosa de las causas en el campo de lo social, identificamos los complejos causales esenciales de los fenómenos sociales, y con ello concretamos la posibilidad de confirmar



hipótesis, configurar teorías y establecer predicciones. Haremos estas predicciones con el grado de reserva necesario, no olvidando que:

- a. Los sistemas sociales comprenden sucesos y procesos cambiantes.
- b. La causación social es múltiple y continua, aunque los sucesos sean discontinuos.

Apoyándonos en estas consideraciones previas, veremos ahora en sus grandes rasgos la aplicación de la modelación causal en la economía y la sociología.

#### 2.4.1 Los modelos causales en la economía.

La ciencia económica, entendida como una de las ciencias sociales, ha aplicado el análisis causal a los fenómenos de su campo específico largos años atrás, sin embargo, el interés del análisis estrictamente causal dentro de esta ciencia empírica, y no experimental, renació nuevamente a principios de este siglo.

El análisis causal se vio obstaculizado por profundos debates y controversias debidos, en parte, a la influencia de las declaraciones anticausales expresadas a principio de este siglo por el filósofo Bertrand Russell. No obstante, a pesar de los obstáculos expuestos, el análisis persistió a propósito de dos problemas fundamentales, a saber:

- a. La evaluación de la demanda como función del precio.
- b. La evaluación de la demanda como función del ingreso.

En ambos problemas se plantea una hipótesis de relaciones causa-efecto, donde la variable efecto es la demanda y las variables causales: precio e ingreso. (42)

Vemos que en la evolución de la economía, los conceptos causa y modelo llegan a ser centrales, sobre todo en el campo de la econometría, que como señala Wold:

"...ha estado en la avanzada del desarrollo de métodos de alcance general en el análisis de datos no experimentales y mixtos no experimentales". (43)

En este sentido, cabe anotar que la econometría considerada como la rama cuantitativa de la economía, busca aplicar: "...la estadística matemática a modelos contruidos con la ayuda de la economía matemática. La economía matemática es la formulación y el análisis matemáticos de teorías económicas". (44)

Justamente dentro de esta área, se destaca la aplicación concreta de modelos causales cuyos resultados se aplican en la política económica.

La construcción de los modelos causales (estructurales) en la economía se apoya básicamente en las siguientes consideraciones:

- C1. Ser la economía una ciencia empírica.
- C2. Observar sistemáticamente las características de regularidad y permanencia de:

(42) WOLD. "Fusión de la economía y la filosofía de la ciencia". En: DAGUN. ( Ed. ). Op.cit., 219-220.

(43) Ibiden., 206.

(44) TINTNER. "Reflexiones sobre el estado de la econometría". En: DAGUN. ( Ed. ). Op.cit., 517.

- a. Los agentes económicos, en su acción e interacción.
  - b. Los modos de producción.
  - c. Las relaciones de producción.
- C3. Construir sus teorías y modelos partiendo de los datos recogidos.
- C4. Utilizar técnicas estadísticas de cálculo avanzadas.
- C5. Sujetar a comprobación las regularidades observadas.
- C6. Utilizar las teorías y modelos comprobados en las políticas de decisión económica y política.

Los modelos causales dentro de la economía, han jugado un papel significativo ya que han coadyuvado a que la economía se transforme en una disciplina cuantitativa, por oposición a una disciplina cualitativa.

Operativamente, el procedimiento utilizado es el siguiente:

- a. Especificación de relaciones causales entre los eventos del fenómeno estudiado, determinando qué variables son exógenas y cuáles endógenas.
- b. Combinación de los datos mediante técnicas estadísticas para validar si las relaciones supuestas son acertadas.

Hay que subrayar que las suposiciones causales son generalizaciones de carácter probabilista y no universales. (45)

Ahora, en términos generales, podemos decir que básicamente se construyen modelos causales para estudiar los fenómenos de la microeconomía y de la macroeconomía.

Los modelos microeconómicos tratan de presentar las uni-

(45) MCCLELLAND. Causal explanation and model building in the history, economics, and the new economic history, 115.

datos básicas de la toma de decisión en el plano económico a nivel individual. Esto abarca, pues, los fenómenos que se suceden en una empresa, las elecciones de los consumidores, la demanda, el precio, etc. Estos modelos se refieren siempre a la unidad familiar individual y a la empresa competitiva; utilizan variables directamente observables.

Los modelos macroeconómicos, en cambio, tratan de representar las relaciones de una economía total, esto es, relaciones de agregación que se identifican como índices de los datos económicos. Son variables agregadas como por ejemplo el consumo nacional, el ingreso nacional y la inversión total entre otras.

A través de los modelos causales tanto en la micro como en la macroeconomía, los economistas han puesto en juego modelos opcionales para acrecentar su conocimiento de la actividad económica y aprehenderla en toda su magnitud y complejidad y operar consecuentemente sobre la realidad.

Para completar en sus aspectos generales esta visión, podemos decir que los modelos causales a su vez pueden ser: uniecuacionales y multiecuacionales. Los modelos uniecuacionales representan relaciones simples entre una variable causa y una efecto. Los modelos multiecuacionales permiten estudiar conjuntos de variables endógenas y exógenas; esto indica que están referidos a fenómenos complejos.

A su vez, los modelos causales también pueden ser dinámicos o estáticos, según se trate del fenómeno a estudiar.

El cuadro econométrico elaborado por Johnston puede ayudarnos a comprender esta clasificación, puesto que indica el campo económico que abarca la econometría.(46)

Métodos	{ Ecuación singular. (Uniecuacional)	Mínimos cuadrados ordinarios.
		Mínimos cuadrados generalizados.
	{ Ecuaciones simultáneas. (Multiecuacional)	Identificación.
		Estimación.
Aplicaciones	{ Modelos de la economía nacional. Modelos sectoriales.	

Para concluir este planteamiento, señalaremos las razones que han justificado el empleo de los modelos causales en la economía y que, a través de sus resultados, le han permitido fortalecer su posición dentro de las ciencias:

- R1. A través de los modelos causales la economía ha acrecentado su cuerpo teórico como resultado de probar y modificar modelos opcionales de relaciones causa-efecto simples y complejas.
- R2. Ha podido especificar tendencias en el comportamiento de los fenómenos y ha utilizado este conocimiento para esta-

(46) JOHNSTON. Métodos de econometría, 7.

blecer prioridades en lo que corresponde a las políticas económicas y, eventualmente, establecer un control sobre las fluctuaciones económicas.

R3. Ha podido enfrentar metodológicamente los problemas empíricos de la economía con el auxilio de la precisión matemática.

R4. El cuerpo de metodología que ha desarrollado ha podido extenderse a otras disciplinas.

#### 2.4.2 Los modelos causales en la sociología.

La utilización de los modelos causales dentro de la sociología se inicia en los primeros años de la década de los años sesentas, cuando los científicos sociales observan la posibilidad de extender el método del análisis de trayectorias creado por Sewall Wright al análisis sociológico.

Blalock a principios de la misma década:

"...comenzó a enseñar a los sociólogos el valor de las técnicas paramétricas causales, ...apoyándose fuertemente en la obra de H. Simon". (47)

Se definen entonces métodos y procedimientos para estudiar, en términos de causa y efecto, fenómenos sociológicos como la estratificación social, o bien, para analizar aspectos de convergencia entre la economía y la sociología como es el caso de innumerables estudios acerca de las relaciones entre clases sociales e ingresos.

(47) BOHNSTEDT. Book review: causal models in the social sciences, 129.

La aplicación de la modelación causal, tal y como se ha esquematizado en esta sección, ha cobrado auge en la investigación sociológica al menos por las siguientes razones:

- R1. No se requieren condiciones de control de laboratorio para acercarse al estudio de los fenómenos y eventos sociológicos. Las ventajas del control del laboratorio tratan de substituirse mediante el empleo de técnicas estadísticas adecuadas al análisis y tratamiento de datos no-experimentales provenientes de los estudios empíricos.
- R2. Los modelos que se construyen contienen el conjunto de variables que el investigador selecciona de acuerdo con su significación y pertinencia; sin embargo, si el modelo construido no se asemeja a los datos empíricos puede reestructurarse, o bien, se puede construir un nuevo modelo explicativo.
- R3. Los modelos representan sistemas simples o complejos a través de su estructura. No están destinados al análisis de variables aisladas.
- R4. Los modelos permiten -con su procesamiento específico- salvar el espacio que existe entre la teoría y la formulación de estructuras de mayor rigor y precisión como las matemáticas.

Conviene mencionar ahora que los modelos causales dentro de la sociología han servido para definir indicadores cuya función ha sido y es la de aclarar y explicar el funcionamiento de los sistemas sociales. El auxilio ha sido mayor cuando

los modelos construidos involucran amplios conjuntos de indicadores sociales. Entonces se acrecienta el potencial explicativo de las construcciones teórico-empíricas para visualizar con mayor claridad los problemas sociales y, si los resultados son ciertos, predecir las tendencias de los sistemas.

También podemos destacar que los resultados de la modelación causal sirven para:

- a. Definir políticas de acción.
- b. Derivar programas de evaluación, en tanto que puede medirse el impacto de ciertos eventos sobre otros.

En este sentido James Anderson afirma lo siguiente:

"Los modelos causales se necesitan para estimar el impacto de los principales procesos sociales". (48)

Quizá, esta afirmación revela la significatividad de este enfoque metodológico en los análisis sociológicos.

En cuanto a los aspectos propiamente metodológicos, es innecesario insistir en que se ha realizado un avance notable por parte de los investigadores de esta área. Esto lo confirma la amplia literatura de corte metodológico que se ha desarrollado en este campo y que contempla características técnicas de alto nivel y complejidad considerable. Al respecto, Hubert Blalock Jr. en su obra Causal models in the social sciences sugiere lo siguiente:

"...de hecho, no hay duda que muchos de los problemas metodológicos más importantes que encaramos en las ciencias

---

(48) ANDERSON. Causal models and social indicators: toward the development of social systems models, 286.



sociales comprenden características altamente técnicas...existen caminos para manejar las complejidades que han sido escasamente discutidas en la literatura verbal, pero, no podemos esperar respuestas sin dominar en principio alguna literatura técnica que rápidamente se está acrecentando". (49)

Habiendo realizado un esbozo somero de la aplicación de modelos causales en las ciencias sociales, en especial en la economía y la sociología, podemos decir que este enfoque metodológico ha atraído el interés de los científicos sociales al permitirles afrontar su realidad compleja con un método que no demanda condiciones de control (que tan difíciles resultan en el estudio de los fenómenos sociales) y, por otro lado, contempla la ventaja de ser un proceso iterativo.

Finalmente, queremos dejar en claro que este enfoque contiene ventajas pero encierra también peligros que sólo pueden superarse atendiendo al rigor del trabajo científico.

---

(49) BLALOCK. Causal models in the social sciences, vii.

### 3. LOS MODELOS CAUSALES EN LA INVESTIGACION PEDAGOGICA.

Es posible definir a la investigación pedagógica como el proceso mediante el cual exploramos las realidades educativas con el objeto de derivar un cuerpo organizado, lógico y coherente de conocimientos relativos a los hechos, procesos y relaciones educativos.

De este modo se distinguen en la investigación pedagógica dos fases: la primera, referida al proceso mismo de la investigación, esto es, al estudio de la realidad de acuerdo a ciertos fines, y la segunda, relacionada con un producto específico, que entenderíamos como el cuerpo de teoría, cuya finalidad última sería explicar, predecir y controlar las situaciones educativas.

De aquí podemos afirmar que la investigación pedagógica contemporánea se encuentra en una situación comprometida frente a la teoría y frente a la práctica pedagógica y ante este compromiso se ve obligada a avanzar y superar los problemas de corte teórico-metodológico que nacen de la teoría y de la investigación.

Para el estudio de la realidad educativa, y contemplando sus dimensiones pasadas, presentes y futuras, la investigación pedagógica se vale de cuatro estrategias distintas cada una de las cuales aglutina una serie de procedimientos particulares e impone un conjunto de condiciones y restricciones para aproximarse a la realidad.

Su clasificación es la siguiente:

## Estrategias de investigación.

- a. Investigación experimental.
- b. Investigación ex post facto o no-experimental.
- c. Investigación descriptiva.
- d. Investigación histórica.

a. La investigación experimental, de naturaleza causal, se caracteriza porque conduce el estudio de los hechos educativos bajo condiciones de absoluto control en las cuales, de forma directa, se manipulan las variables independientes para medir la variación de los efectos que producen sobre las variables dependientes. Podemos decir que la investigación experimental se reduce al estudio de la variación que crea artificialmente.

Sin embargo, a pesar de su "artificialidad" es indiscutible que en el campo de la investigación pedagógica esta estrategia ha gozado de una gran popularidad y, por supuesto, ha aportado conocimientos de valor inestimable al corpus pedagógico de conocimientos.

b. La investigación ex post facto o no-experimental, asimismo es de naturaleza causal, pero no obstante subyacer el razonamiento causal como una premisa inquisitiva, su procedimiento es cualitativamente diferente al de la investigación experimental por la sencilla razón de que no establece condiciones de control, debido a que se aproxima a los hechos cuando estos ya sucedieron. En este sentido no es posible manipular las variables componentes del fenómeno.

c. La investigación descriptiva se caracteriza justamente por proporcionar una imagen de los sucesos y relaciones educativas tal y como se presentan en su funcionamiento y con las características que los definen. El valor de esta estrategia reside en ofrecer aproximaciones al conocimiento de los procesos educativos en cuanto a cuatro aspectos: estructura, componentes, funcionamiento y características distintivas.

Dentro de la investigación descriptiva se agrupan los estudios de casos, de tendencias y los documentales, entre algunos otros.

d. La investigación histórica se utiliza para investigar los sucesos y hechos pasados de la educación. Se vale del análisis retrospectivo de los fenómenos. Su valor reside en poder ofrecernos una imagen objetiva de fenómenos que no podemos ya observar pero cuyo conocimiento es relevante y necesario para la comprensión actual de la educación.

Esencialmente, cada una de las estrategias de investigación se distingue por el tipo de respuesta que persigue ofrecer con respecto de los hechos educativos. Por esta razón no podemos decir que una sea mejor que otra, cada una tiene un valor específico y su elección queda determinada por la naturaleza del problema que se quiere estudiar. Así, el objeto definido de estudio con sus características se ubica como raíz y punto de partida de una estrategia de investigación concreta.

Para complementar esta observación, vale apuntar y hacer hincapié en que las posibilidades de la investigación pedagógica

hoy son infinitas. Por otro lado, su situación histórica contemporánea es cualitativa y cuantitativamente diferente a la de principios de este siglo. Actualmente contamos con técnicas y procedimientos de investigación más precisos y refinados que posibilitan un acercamiento más completo, acertado y objetivo a los fenómenos que nos interesan y, en esta medida, es totalmente cierto que el campo de la investigación pedagógica en nuestros días se ha extendido notablemente. Sin embargo, lo importante no es hacer más y más investigación de problemas aislados sino concertar investigaciones de las situaciones globales de la experiencia educativa, que redundarían en proporcionar una comprensión más amplia y profunda de la educación.

Bien entendidas estas consideraciones preliminares sobre la investigación pedagógica, cabe definir ahora que el propósito de este capítulo es analizar la aplicación de los modelos causales -como estrategia no-experimental- en la investigación pedagógica contemporánea, con el objeto de delimitar los alcances y limitaciones que tiene esta metodología específica para derivar un cuerpo de conocimiento consistente acerca de las relaciones educativas y comprobarlo empíricamente.

### 3.1 Aplicaciones de la modelación causal para el desarrollo de la investigación pedagógica.

La aplicación de la modelación causal dentro de la investigación pedagógica se ha dado principalmente a partir de la década de los años setenta. Ya en otro apartado de este traba-

jo hemos planteado que este enfoque metodológico en las ciencias sociales comenzó a trabajarse primero en la economía, posteriormente en la sociología y muy recientemente en el análisis pedagógico.

En una investigación realizada por V. Willson, de la Universidad de Texas, sobre las técnicas de investigación utilizadas en los artículos presentados por el American Educational Research Journal en el periodo comprendido de 1969 a 1978, los resultados señalan que de 280 artículos seleccionados y 480 técnicas de investigación registradas, únicamente el 2% quedaron referidas a la modelación causal. (50)

Asimismo, Lee M. Wolfe, dice que:

"Su aplicación al análisis substantivo de la educación...ha sido poco frecuente, limitado en gran parte al análisis de las causas y consecuentes del logro educativo". (51)

Estas notas sugieren que el método de los modelos causales o ha tenido poca difusión entre los científicos de la educación, o comprende tantos tecnicismos que es poco utilizado.

Ahora bien, algunos autores afirman que la investigación causal es una modalidad dominante en la investigación pedagógica y estamos de acuerdo con ello, salvo que sería necesario advertir que la modalidad dominante se refiere al análisis experimental y no al no-experimental que es justamente en el que centramos nuestra atención, en virtud de que los modelos

(50) WILLSON. Research techniques in AERJ articles: 1969 to 1978, 6.

(51) WOLFE. Op.cit., 183.

causales, esto es, la modelación estructural, se inscribe dentro de esta modalidad al trabajar básicamente con datos de naturaleza no-experimental y sin ninguna condición para manipular variables.

¿Qué ventajas ofrece la modelación causal a la investigación pedagógica contemporánea? Antes de aventurar cualquier respuesta prematura, consideramos imprescindible exponer algunos argumentos cuyo contenido servirá para la elaboración de una respuesta fundamentada.

#### ARGUMENTO 1. Sobre el contenido de la pedagogía.

Asumimos que la pedagogía, disciplina de antecedentes remotos, tiene por objeto de estudio al fenómeno educativo.

La afirmación aparenta cierta simplicidad, que no es tal; decir que una disciplina tiene como objeto de estudio a la educación sin duda alguna es aceptar que la disciplina es en sumo grado compleja y que, como hemos señalado, contempla posibilidades infinitas de investigación por cuanto a su fenómeno se refiere.

Todos estaremos de acuerdo en que la educación es un fenómeno que se caracteriza por su diversidad; no existe un sólo proceso educativo sino procesos múltiples y variados, no se despliega la educación en un ámbito único, sino en ámbitos diferenciados como el escolar, el familiar, el social, cada uno con características singulares y distintivas.

No se establece una relación educativa entre los sujetos a través de relaciones simples, sino complejas, por último, no quedan comprendidas exclusivamente las variables pedagógicas,

sino que entran en juego variables de otras disciplinas: económicas, sociales y psicológicas.

Estas características hacen pues que el contenido de la pedagogía sea de naturaleza digamos -relacional- constituido por una multiplicidad enorme de variables que asumen direcciones diversas.

El conjunto de estas características enunciadas: variación, diversidad y multiplicidad de hechos y relaciones, resumen a la educación como un proceso social cualitativa y cuantitativamente complejo.

En suma, el contenido de la pedagogía no está integrado por elementos invariantes; por el contrario, encontramos que la educación es un fenómeno de variaciones inconmensurables.

#### ARGUMENTO 2. La pedagogía, ciencia empírica.

Aceptamos que la educación es el objeto de estudio de la pedagogía, comprendemos a la educación como un conjunto de hechos reales y concretos que nacen, se desarrollan y transforman en el seno de las relaciones sociales; por lo tanto, los hechos educativos constituyen una experiencia que se convierte en base y punto de partida de la ciencia pedagógica y que la constituyen en una ciencia empírica. En una ciencia consecuentemente de lo real concreto.

#### ARGUMENTO 3. Orden, regularidad y permanencia de las constantes pedagógicas.

Aun cuando reconocemos la diversidad, la variación y la



multiplicidad del fenómeno educativo, existe un orden, una regularidad y una permanencia de ciertas variables que nos permiten reconocer al fenómeno educativo como tal, en su universalidad.

Por otro lado, orden, regularidad y permanencia constituyen características que hacen posible a toda ciencia, por lo tanto también a la ciencia pedagógica.

**ARGUMENTO 4. La investigación pedagógica, fuente de acceso a la realidad educativa.**

La investigación pedagógica constituye el proceso a través del cual estudiamos las realidades educativas de un modo lógico, ordenado y sistemático.

Para conocer las realidades educativas la heurística pedagógica se vale de diferentes estrategias y procedimientos, cuya elección y aplicación queda determinada por las características del problema que interesa investigar. La investigación, pues, es la vía para obtener, extender, comprobar y consolidar el conocimiento pedagógico.

**ARGUMENTO 5. Razonamiento causal y conocimiento.**

Bien afirmó Aristóteles que la ciencia -de lo universal- persigue conocer las cosas por sus causas.

El razonamiento causal permite obtener un conocimiento singular de los fenómenos, un conocimiento relativo a las causas que los provocan y, asimismo, un conocimiento relativo a los efectos específicos que les siguen.

En el universo existe un orden que perseguimos conocer y los fenómenos que aparecen y nos circundan responden a causas específicas. Aun lo azaroso no es incausado y lo accidental tiene causas concretas.

Así pues, si aspiramos a conocer el orden de los fenómenos tenemos que apelar a la causalidad que pertenece al orden de los hechos, o, en otras palabras, es propia de la realidad. De tal suerte, resulta que la identificación de las causas alimenta nuestro conocimiento para explicar la realidad.

#### ARGUMENTO 6. Razonamiento causal y conocimiento pedagógico.

Reconocemos que las relaciones de causa-efecto nos ofrecen un conocimiento sobre la aparición y el comportamiento de los fenómenos. Si pretendemos conocer lo educativo -especialmente en aspectos relativos a su aparición, comportamiento y cambio- tenemos que recuperar el pensamiento causal como premisa y paradigma para conducir y regular la investigación pedagógica.

Estudiar al fenómeno educativo en sus causas aportará conocimientos de alto valor y significación particular para poder predecir sus trayectorias.

#### ARGUMENTO 7. Los modelos y el conocimiento.

Los modelos expresan de forma simplificada e idealizada las características más relevantes de un fenómeno, su estructura, revela los componentes y funcionamiento del mismo. Partiendo de esta consideración podemos afirmar que la función

cardinal de cualquier modelo es servir como vía de conocimiento. Mediante los modelos aprehendemos la realidad para comprenderla en su totalidad, así como para describirla, explicarla y predecirla.

El hombre se distingue porque es un constructor de modelos. Desde edades tempranas, comienza por dominar las invariancias de su medio, por reconocer las constantes dentro de la variación, y, en la medida y grado que se extiende el dominio de las invariancias y se combina con el desarrollo de interpretaciones diversas, los modelos asumen una mayor complejidad para manejar la experiencia inmediata.

De este modo, si el hombre piensa en términos de modelos isomórficos a los datos de la experiencia -y conoce en términos de modelos- puede investigar en términos asimismo de esquematizaciones idealizadas de la realidad.

#### ARGUMENTO 8. Los modelos y la investigación.

Si afirmamos que el hombre puede investigar la realidad mediante esquematizaciones idealizadas de la realidad, entonces estas esquematizaciones no son otra cosa más que modelos, que son a un mismo tiempo herramientas inquisitivas al permitir ordenar las experiencias de los sistemas reales y orientar así la investigación. Todo contenido empírico recreado en un modelo es heurísticamente valioso.

Laeng, respecto a los modelos, señala que:

"En el proceso de unificación del saber, si desde la simple observación de las uniformidades o generalizaciones, se han dado

algunos pasos adelante, es gracias a la analogía inventora de modelos, esto es, de representaciones de sistemas completos mediante otros más simples pero isomórficos, y sobre todo gracias a la medida, que ha reemplazado los datos de la vaga apreciación cualitativa por comparaciones numéricas más seguras y extensibles universalmente". (52)

Sostenemos, pues, a partir de estas observaciones, que la construcción de modelos mediante una función analógica e isomórfica constituye una alternativa metodológica legítima para investigar los sistemas reales.

En esta perspectiva, los modelos invariablemente deben satisfacer una función inquisitiva orientada de acuerdo con los diferentes propósitos que se persiguen.

Al término de estos ocho argumentos que hemos arriesgado de forma un tanto atrevida, contamos ya con algunas pautas de información que servirán para exponer las aplicaciones que, desde nuestro punto de vista, tiene la modelación causal para el desarrollo de la investigación pedagógica contemporánea.

En primer lugar, creemos conveniente afirmar que la investigación pedagógica se asocia necesariamente con el conocimiento objetivo y confiable de la educación.

Así, podemos pensar que los modelos causales dentro de la investigación pedagógica de hoy día, deben satisfacer este requerimiento, esto es, coadyuvar a obtener un conocimiento verdadero de los diferentes eventos del fenómeno educativo.

No nos parece exagerado decir que la función prioritaria

de la investigación sea el conocimiento. Es reconocer la necesidad apremiante del mismo en un universo que para actuar demanda una organización excelente del conocimiento. Este hecho adquiere particular importancia llevado al terreno de la educación, en virtud de que en términos sociales, la educación, sin duda, es una de las empresas de mayor valor y trascendencia por ser el factor mediante el cual los miembros de la sociedad hacen suyas las estructuras de su entorno y les imprimen pautas de dirección y ritmos de cambio -claro está que en el juego con otros factores.

Por lo tanto, desde la perspectiva social requerimos del conocimiento de la educación en sus aspectos reales y concretos, es decir, en sus aspectos empíricos para comprenderla en sus diversas manifestaciones, así como en su magnitud, fuerza y trascendencia.

En esta lógica, la primera respuesta a la interrogante planteada inicialmente apunta a señalar que la modelación causal en la investigación pedagógica contemporánea ofrece la ventaja de poder brindarnos un conocimiento verídico de los hechos empíricos de la educación. Mediante tal conocimiento rebasamos las meras especulaciones sobre la realidad educativa, las suposiciones, creencias u opiniones comunes que no se fundan en la sucesión y combinación de los hechos y eventos reales de la propia educación.

En segundo lugar, podemos decir que si la modelación causal aporta respuestas a preguntas empíricas, concernientes

a la causalidad de los eventos educativos, podemos contar entonces con elementos de conocimiento explícitos, objetivos y racionales que sirvan como marcos de referencia para inscribir en estos políticas educativas. El propósito de éstas sería maximizar los resultados de la educación, o bien, definir la dirección de los sistemas educativos, mediante la aplicación sistemática de principios científicos en la toma de decisiones dentro de los ambientes educativos.

Cierto es, y resulta una experiencia más bien común, que en términos de política educativa se procede sin fundamentos sólidos provenientes de la investigación racional, objetiva y sistemática.

De esto resulta que la estimación y valoración de las relaciones causales de los diferentes eventos que se manifiestan en los sistemas educativos, sea necesaria para definir, fundamentar y conducir tanto las políticas educativas de mayor alcance que afectan al conjunto de las instituciones educativas, así como los diferentes programas de acciones y evaluación que son necesarios para desarrollar la educación.

En tercer lugar, podemos destacar que en el aspecto relativo al desarrollo teórico, la ciencia pedagógica se encuentra en un estado incipiente; dicho de otro modo, constituye el punto débil de nuestra disciplina.

Aunque parezca una afirmación atrevida, actualmente no contamos con teorías formales que expliquen los hechos educativos. Contamos con formulaciones ordenadas y con cierto grado

de sistematización; sin embargo, ¿podemos llamar teorías a esas formulaciones? De acuerdo con Braithwaite, una teoría científica es:

"...Un sistema deductivo en el que se siguen lógicamente consecuencias observables de la consideración conjunta de hechos observables y el conjunto de hipótesis fundamentales del sistema". (53)

Las formulaciones de las que disponemos, aunque poseen una sistematización, se caracterizan preferentemente por ser un conjunto de expresiones relacionadas entre sí, con términos que son clave y con reglas que establecen las condiciones para su manipulación. Acaso podemos definir acertadamente a estas formulaciones como interpretaciones de los fenómenos (54), que son rescatadas para orientar las prácticas pedagógicas.

Pero insistimos, no nos cabe duda que estos esquemas no poseen el rigor y la precisión de la teoría científica y están lejos de identificarse como tal.

Como resultado de estas observaciones, nuestra última consideración respecto a la aplicación de los modelos causales en la investigación pedagógica contemporánea se centra en esta difícil cuestión de la construcción de la teoría pedagógica, necesaria para explicar, predecir y controlar formalmente los hechos educativos.

Desde luego, no consideramos que la modelación causal

(53) BRAITHWAITE. La Explicación científica, 39.

(54) NEWSOME. "In what sense is theory a guide to practice in education?". En: HYMAN. Contemporary thought on teaching, 96.

constituya la metodología que venga a resolver por completo el problema. En nuestra opinión, coadyuvaría a que las aproximaciones teóricas que proponemos sean verificadas empíricamente por medio de técnicas estadísticas que se utilizan en este enfoque, y así puedan llegar a convertirse en teorías pedagógicas consistentes.

Haciendo una recapitulación de los argumentos expuestos y las respuestas presentadas, tenemos que la modelación causal dentro de la investigación pedagógica contemporánea sirve a tres propósitos fundamentales que son:

1. La obtención de un conocimiento exacto y confiable de las causas y efectos de los sistemas educativos mediante su objetivación a través de la modelación causal.
2. La fundamentación de políticas educativas, programas de acción y sistemas de evaluación pedagógica.
3. El desarrollo, confirmación y consolidación de la teoría pedagógica.

Finalmente, podríamos reportar una última ventaja de los modelos causales en la investigación pedagógica contemporánea, que es, a saber, el trabajar con datos de naturaleza no-experimental provenientes de los estudios empíricos que se realizan.

En nuestra perspectiva, resulta ventajoso este hecho, ya



que en la educación resulta imposible, las más de las veces, reproducir en condiciones idénticas los fenómenos que estudiamos.

Anteriormente habíamos advertido este aspecto en su sentido más general dentro del campo de la investigación social. Del mismo modo sucede en la investigación pedagógica. La repetición de los hechos bajo las mismas condiciones resulta casi imposible, razón por la cual observamos este elemento de ventaja en la investigación no-experimental. No se deja, sin embargo, de reconocer en esta última los peligros que encierra y la falta de control con la que opera, que sólo puede contrarrestarse con el auxilio de técnicas estadísticas que impongan el control que el método por sí sólo no establece.

Después de este planteamiento, donde tratamos de exponer las ventajas de la modelación causal para desarrollar la investigación pedagógica asumiendo un enfoque específico, analizaremos con más detalle la aplicación de los modelos recurrentes y no recurrentes dentro de la misma.

### 3.2 Los modelos recurrentes en la investigación pedagógica.

Los modelos matemáticos de ripo recurrente que ya se habían definido anteriormente, se refieren a estructuras que contienen relaciones lineales unidireccionales entre las variables que integran; de las cuales, unas actúan como causas y otras como efectos, dentro del sistema intercausal que se define.

Así, este tipo de modelos denominados también jerárquicos o de cadenas causales, constituyen un tipo de modelo matemático simple en su definición y ordenamiento, en virtud de que la suposición causal subyacente únicamente admite un encadenamiento aditivo de variables entre las que no se pueden establecer ciclos de retroacción causal ni causación recíproca entre las variables integradas al modelo.

Por otro lado, técnicamente su sencillez se confirma en su solución, en la que los parámetros de las ecuaciones estructurales son resueltos ecuación por ecuación, respetando el orden de causalidad en cadena; no está por demás recordar que su clasificación como recurrentes se refiere a que el proceso a seguir para obtener la solución del modelo radica en estimar el valor de una variable y de ahí, se procede en sentido "recurrente" hasta llegar a la solución final.

Por su forma, estos modelos recurrentes admiten para su estimación y solución la técnica de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO)\* cuyo supuesto teórico se fundamenta en la reducción al mínimo de las sumas de las desviaciones al cuadrado de las variables estudiadas. Se busca la máxima eficiencia en la estimación con el propósito de no obtener resultados sesgados.

Con esta técnica (MCO), se tratan de minimizar, pues, los

---

\* Para un análisis de los supuestos y propiedades de la técnica de MCO, Vid. BLALOCK. Estadística social, 447-451. KERLINGER y PEDHAZUR. Multiple regression in behavioral research, 30-31. JOHNSTON. Métodos de econometría, 59-66/129-138.

cuadrados de los errores cometidos en la predicción.

En la investigación pedagógica, los modelos recurrentes comenzaron a utilizarse entre fines de la década de los años sesentas y principios de la década de los años setentas. La aplicación de estos modelos se hizo con el objeto de analizar diversos problemas que involucraban a un mismo tiempo numerosas variables provenientes de los estudios empíricos efectuados. Sin embargo, hasta la fecha no llegan a utilizarse ampliamente, son escasas las investigaciones que hacen uso de esta metodología, y podemos observar que, preferentemente, se ha reducido su empleo al campo de lo que podrían llamarse las 'relaciones escolares', especialmente el análisis causal del logro educativo y de la deserción escolar\*. No obstante este hecho, puede advertirse que la aplicación de los modelos recurrentes puede extenderse a otras áreas o campos causales dentro de la educación.

Anderson y Evans en su artículo: Causal models in educational research: recursive models, declaran que este procedimiento de modelación puede ayudarnos a establecer relaciones entre estudios empíricos llevados a cabo y formulaciones teóricas(55), a ligar el lenguaje verbal con el matemático. Asimismo, Blalock afirma que existe un abismo entre la teoría en-

\* Al respecto pueden revisarse los siguientes artículos: ANDERSON y EVANS. "Causal models in educational research: recursive models". En: American Educational Research Journal. Vol. 11, No. 1, 1974; 29-39. BEAN. "Dropouts and turnover: the synthesis and test of a causal model of student attrition". En: Research in Higher Education. Vol. 12, No. 2, 1980; 155-187.

(55) ANDERSON y EVANS. Op.cit., 30.

tendida como una formulación verbal y nuestras técnicas de investigación. (56)

En este sentido, los modelos recurrentes brindan un procedimiento sistemático para ordenar, estimar, probar y confirmar vínculos causales existentes entre las variables involucradas en los procesos y sistemas educativos que se investigan. Esta es una cuestión sustantiva que merece un análisis más detallado.

Requerimos en nuestro campo -la educación- de formulaciones explicativas cada vez más consistentes que permitan comprender con mayor precisión las realidades educativas para orientar objetiva y racionalmente las políticas, las estrategias y las acciones pedagógicas. Nuestro propósito, entonces, no debe radicar en simples especulaciones, suposiciones vagas o creencias de cómo se encuentran relacionadas las variables en el campo educativo, o de qué ambientes producen qué efectos; por el contrario, necesitamos contar con un conocimiento cierto y válido de las relaciones causa-efecto entre las evidencias empíricas educativas. Buscamos un conocimiento tal que nos permita estructurar, o bien, construir bloques causales de información empírica, de modo que mediante su prueba y confirmación permitan explicar 'progresivamente' los objetos de estudio en cuestión.

Al decir bloques causales de información empírica, de-

---

(56) BLALOCK. "Part 1, simple recursive models". En: BLALOCK, (Ed.). Op.cit., 1.

hemos subrayar las siguientes cuestiones:

- a. Los modelos recurrentes intentan relacionar las formulaciones verbales con las matemáticas para probar sus supuestos teóricos.
- b. Para su construcción, los modelos recurrentes parten de un establecimiento hipotético de relaciones causa-efecto entre evidencias empíricas de carácter básicamente no-experimental.
- c. Al ser un procedimiento de modelación, queda admitida la iteración como una característica distintiva de esta metodología.

Esto permite entonces sugerir metodológicamente que podemos diseñar bloques causales de información empírica opcionales, que pueden irse refinando paulatina y progresivamente hasta darnos por resultado formulaciones teóricas consistentes -probadas suficientemente- que sirvan a los procesos de explicación, decisión y acción en nuestro campo.

Aunque como se advertía al principio, con este tipo de modelos, únicamente pueden apreciarse cadenas causales que se ligan entre sí respecto a un cierto fenómeno, no obstante, representan una primera instancia de conocimiento de la causalidad en la experiencia educativa, respecto de la cual Walberg hace la siguiente declaración:

"...los educadores están incrementando la búsqueda de respuestas a preguntas empíricas relacionadas con la causalidad". (57)

Esta afirmación da cuenta del interés de algunos teóricos por reflexionar de acuerdo a un orden causal para estructurar el saber pedagógico; cierto es que el estudio de la causalidad resulta difícil en la educación por diversas razones, pero, advertimos en este caso que a través de los modelos recurrentes podemos incursionar dentro de este ámbito.

Los modelos recurrentes representan para la investigación pedagógica un paradigma metodológico para la construcción, desarrollo y modificación de la teoría pedagógica.

Si aspiramos a que esta disciplina -la pedagogía- se consolide como una ciencia, necesariamente debemos indagar el orden al que pertenecen los fenómenos que abarca, por lo que, en el análisis, en la búsqueda de ese 'orden' nos remitimos a una reflexión causal, a un por qué, que se convierte así en nuestro paradigma inquisitivo.

Ahora, con el objeto de clarificar esta exposición, veremos algunos ejemplos representativos de los modelos recurrentes en la investigación pedagógica.

Anderson y Evans presentan en el artículo que ya se ha citado, un modelo recurrente en el que analizan las relaciones causales entre las siguientes variables: logro educativo, auto-concepto, activismo/dominio, presión de logro, entrenamiento independiente, origen étnico, educación del padre y sexo.

Los supuesto teóricos que permiten suponer hipotéticamente vínculos de causa-efecto entre las variables identificadas son los que a continuación se definen:

- S1. El concepto de habilidad afecta el logro de los estudiantes.
- S2. El concepto de habilidad a su vez está determinado por la creencia de poder manipular el medio ambiente físico y social para el propio beneficio.
- S3. Las prácticas de socialización como el entronamiento independiente y el entrenamiento para el logro afectan las orientaciones sobre el valor.
- S4. Las prácticas de socialización son afectadas por la posición socioeconómica de la familia, el origen étnico y el sexo. (58)

De estas suposiciones hipotéticas los autores clasifican las variables del siguiente modo:

variables exógenas

$X_1$  = sexo.

$X_2$  = educación del padre.

$X_3$  = origen étnico.

variables endógenas

$X_4$  = entrenamiento independiente.

$X_5$  = presión de logro.

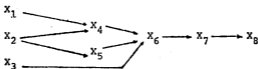
$X_6$  = activismo/dominio.

$X_7$  = autoconcepto.

$X_8$  = logro.

El modelo de trayectorias que deriva de estas suposiciones es el siguiente, en él, se han ordenado causalmente las variables:

(58) Cfr. ANDERSON y EVANS. Op.cit., 30. (Los supuestos teóricos son establecidos a partir de diversos estudios empíricos en los que los autores se fundamentan).

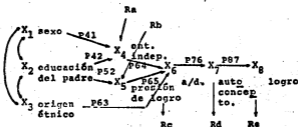


-diagrama causal-

En este caso,  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$ ,  $X_5$ ,  $X_6$  y  $X_7$  representan las causas de  $X_8$ ;  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$ ,  $X_5$  y  $X_6$  las causas de  $X_7$ ;  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_4$  y  $X_5$  las causas de  $X_6$ ;  $X_1$  y  $X_2$  las causas de  $X_4$ ;  $X_2$  la causa de  $X_5$  y  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  no intentan explicarse a qué causas obedecen, puesto que han sido especificadas como variables exógenas dentro del sistema.

Como se aprecia, las relaciones de causa-efecto son: unidireccionales y aditivas y existe implicado, a la vez, un orden existencial específico de las variables y una prioridad temporal.

Ahora, para diseñar el modelo matemático correspondiente, pasaremos a la identificación de los parámetros del diagrama de trayectorias.





Los parámetros  $P_{ij}$  indicarán la existencia o no de una conexión causal entre las variables incluidas.

El sistema de ecuaciones estructurales que le corresponde al modelo es el siguiente:

$$X_4 = P_{43} X_3 + P_{42} X_2 + P_{41} X_1 + P_{4a} R_a$$

$$X_5 = P_{53} X_3 + P_{52} X_2 + P_{51} X_1 + P_{5b} R_b$$

$$X_6 = P_{65} X_5 + P_{64} X_4 + P_{63} X_3 + P_{62} X_2 + P_{61} X_1 + P_{6c} R_c$$

$$X_7 = P_{76} X_6 + P_{75} X_5 + P_{74} X_4 + P_{73} X_3 + P_{72} X_2 + P_{71} X_1 + P_{7d} R_d$$

$$X_8 = P_{87} X_7 + P_{86} X_6 + P_{85} X_5 + P_{84} X_4 + P_{83} X_3 + P_{82} X_2 +$$

$$P_{81} X_1 + P_{8e} R_e.$$

Una vez definido el sistema de ecuaciones procedemos a:

1. Estimar por separado cada uno de los parámetros o coeficientes de trayectoria de cada ecuación mediante MCO.
2. Sujetar a una prueba de significación los coeficientes de trayectoria obtenidos.
3. Solucionar las ecuaciones.
4. Examinar con la solución el juego de relaciones causales.
5. Definir la aceptación o rechazo del modelo propuesto.

Otro ejemplo lo proporciona Wolfle en su artículo Strategies on path analysis.

En el ejemplo que propone, se trata de analizar un modelo diseñado por Hyman en el que los supuestos teóricos tratan de relacionar causalmente las siguientes variables: vocabulario,

inteligencia adulta, educación, inteligencia infantil, edad, sexo, educación del padre y posición socioeconómica.

Las suposiciones son las siguientes:

- S1. El logro educativo se ve afectado por la inteligencia, el grupo de edad al que pertenece el sujeto, el sexo, el logro educativo del padre y la posición socioeconómica.
- S2. El vocabulario es efecto directo de la inteligencia adulta, la educación, la edad, el sexo y la educación del padre.
- S3. La inteligencia adulta es un efecto directo de la inteligencia infantil, la edad y la educación.
- S4. Efectos indirectos se suponen en este juego de relaciones y son los que median entre: inteligencia infantil-educación-vocabulario/ inteligencia infantil-inteligencia adulta-vocabulario. (59)

Las variables se clasifican para el modelo de la siguiente manera:

variables exógenas

$X_4$  = inteligencia infantil.

$X_5$  = edad.

$X_6$  = sexo.

$X_7$  = educación del padre.

$X_8$  = posición socioeconómica del padre.

variables endógenas

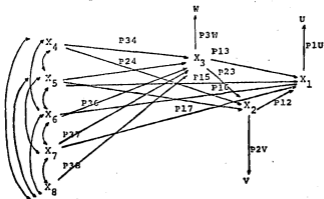
$X_3$  = educación.

$X_2$  = inteligencia adulta.

$X_1$  = vocabulario.

El diagrama por lo tanto quedaría estructurado como a con-

tinuación se presenta:



El modelo matemático que se desprendería de este diagrama de trayectorias es el siguiente:

$$X_1 = P_{12} X_2 + P_{13} X_3 + P_{15} X_5 + P_{16} X_6 + P_{17} X_7 + P_{1U} U$$

$$X_2 = P_{23} X_3 + P_{24} X_4 + P_{25} X_5 + P_{2V} V$$

$$X_3 = P_{34} X_4 + P_{35} X_5 + P_{36} X_6 + P_{37} X_7 + P_{38} X_8 + P_{3W} W$$

Una vez definido el sistema ecuacional, se procede a la solución e interpretación de resultados.

Después de haber revisado estos ejemplos en los que sólo se han esquematizado las relaciones del modelo verbal con el modelo matemático, podemos concluir que esta clase de modelos nos permite identificar: causas directas entre eventos, causas indirectas o causas espurias; como dice Wolfe:

"Así como se permite la valoración de lazos causales directos, un modelo recurrente permite al investigador obtener estimaciones del grado en el

cual las variables antecedentes explican las relaciones entre otras variables. Estas pueden ser interpretadas como efectos espurios. En circunstancias reales, las metas analíticas son definidas por las preguntas originales del investigador acerca de un fenómeno particular...". (60)

En suma, los modelos recurrentes pueden ser útiles para la investigación pedagógica, en la medida en que permiten analizar, estimar y probar el tipo de lazos o nexos causales existentes, entre diversas variables adscritas a un campo de estudio que definimos.

Ahora bien, si no queremos asumir una postura pretenciosa, puede decirse que los modelos recurrentes ofrecen una aproximación para estructurar formulaciones teóricas de mayor plausibilidad y consistencia.

### 3.3 Los modelos no recurrentes en la investigación pedagógica.

Los modelos no recurrentes, a diferencia de los recurrentes, operan con un principio de causalidad diferente, ya que, para su definición y ordenamiento aceptan:

1. La retroacción causal, esto es, ciclos causales que vuelven sobre sí mismos.
2. La causalidad recíproca entre variables.

En este caso la aceptación de la retroacción causal y la causalidad recíproca teóricamente nos conduce a una articulación compleja de vínculos causales directos e indirectos en-

(60) Ibidem., 185.

tre las variables de un fenómeno particular.

Dadas estas características se puede anotar que el valor heurístico de estos modelos es mayor cuanto más se aproxima a la realidad empírica, en la medida en que ésta no se encuentra configurada por cadenas simples de causa-efecto, sino que las relaciones entre las evidencias empíricas son múltiples y complejas. Por tal motivo, estos modelos, permiten reflejar con mayor fidelidad la realidad, persiguen, pues, una analogía más perfecta.

Estas declaraciones son válidas para la aplicación de estos modelos a la investigación pedagógica, ya que mediante ésta tratamos de obtener un conocimiento objetivo sobre la educación, y este proceso comprende múltiples y diversas variables que se relacionan entre sí; por lo que puede decirse que la educación implica un proceso de relaciones y, en virtud de que los modelos no recurrentes permiten un ordenamiento de relaciones complejas, se acusa su idoneidad metodológica para dar cuenta del fenómeno educativo en sus diversas dimensiones, combinaciones y ámbitos, conservando la complejidad y la diversidad que le son propias y distintivas.

Ahora, si bien se ha resaltado su valor como herramienta heurística, no puede dejarse al margen de estas observaciones una mención en torno a las dificultades matemáticas involucradas.

Se definió que los modelos no recurrentes admiten la retroacción causal, así como la causalidad recíproca, entre las

variables de un sistema; se acepta en este tipo de modelos todas aquellas suposiciones relativas a la relación entre las variables residuales (estocásticas) que tratan de medir el efecto de errores o la omisión de variables dentro del sistema causal, y la relación entre las variables residuales y alguna variable explicativa.

Este hecho trae como resultante que la estimación de los parámetros -denominados coeficientes de trayectoria- no puede ser obtenida a través de una técnica como la de los mínimos cuadrados ordinarios (utilizada en los modelos recurrentes). Es tos modelos requieren para su estimación del método de Theil denominado de mínimos cuadrados bietápicos (MC2E). Un requisito para que esta técnica sea aplicable a los modelos estriba en que para cada ecuación estructural que se define en la formulación del modelo matemático, se requiere la integración de más de una variable endógena. (61)

Al término de estas consideraciones es posible reafirmar el alcance empírico de los modelos no recurrentes para configurar con mayor fidelidad la realidad estudiada, sin embargo, no debe descuidarse la complejidad técnica que acarrea su identificación matemática y su estimación correspondiente.

A fin de concretar los elementos expuestos, pasaremos a esquematizar sintéticamente un modelo no recurrente desarrollado en el campo de la investigación pedagógica.

---

(61) Cfr. BARBANCHO, Complementos de econometría, 90.

Anderson y Evans en su artículo: Causal models in educational research: non-recursive models, exponen una versión modificada de un modelo recurrente, en el que se relacionan las siguientes variables: prácticas de socialización, valores de logro, autoconcepto y logro, como variables endógenas; y sexo, educación del padre y origen étnico como variables exógenas.

Para este modelo operan las mismas suposiciones teóricas, pero se agrega una que señala que, el autoconcepto afecta el logro, pero, a su vez, el logro afecta el autoconcepto. Con esta suposición teórica se anula la unidireccionalidad de la causalidad, que es substituida por la reciprocidad causal.

Las variables se ordenan de acuerdo con la siguiente estructura:

variables exógenas

- $X_1$  = sexo.  
 $X_2$  = educación del padre.  
 $X_3$  = origen étnico.

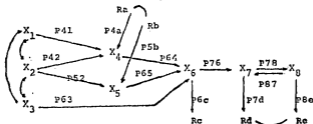
variables endógenas

- $X_4$  = entrenamiento indep.  
 $X_5$  = presión de logro.  
 $X_6$  = activismo/dominio.  
 $X_7$  = autoconcepto.  
 $X_8$  = logro.

En el diagrama causal se establecerá una relación de reciprocidad entre  $X_7$  y  $X_8$ . (62)

El diagrama causal correspondiente es el que a continuación se muestra:

(62) ANDERSON y EVANS. Causal models in educational research: non-recursive models, 81-83.



El modelo matemático que se deriva, es el siguiente:

$$X_4 = P_{41} X_1 + P_{42} X_2 + P_{4a} R_a$$

$$X_5 = P_{52} X_2 + P_{5b} R_b$$

$$X_6 = P_{61} X_1 + P_{62} X_2 + P_{63} X_3 + P_{6c} R_c$$

$$X_7 = P_{76} X_6 + P_{78} X_8 + P_{7d} R_d$$

$$X_8 = P_{84} X_4 + P_{85} X_5 + P_{87} X_7 + P_{8e} R_e$$

En este caso  $X_7$  y  $X_8$  son ecuaciones no recurrentes porque teóricamente se aceptó la relación recíproca entre ambas variables.

Después de que queda definido el modelo matemático se analiza el problema de la identificación y, si este se supera, se procede a la correspondiente estimación e interpretación de resultados.

Como puede apreciarse por esta representación esquemática, los modelos no recurrentes pueden aplicarse a la investigación pedagógica para abordar el estudio y desarrollo teórico de sistemas en los que regularmente se observan relaciones causales recíprocas y retroactivas.



### 3.4 Áreas de aplicación.

Inicialmente se había señalado que los modelos causales, se han aplicado con preferencia en el área de las 'relaciones escolares', con especial énfasis en el estudio del logro educativo, la deserción escolar y también el análisis de las aspiraciones educativas.

Asimismo, quedó apuntado que la utilización de esta metodología en la investigación pedagógica es reciente; a lo sumo abarca tres lustros.

Ambos planteamientos resultan de interés. En relación con el primero, diremos que el empleo de los modelos causales dentro del área especificada, no anula ni invalida su utilización en otras áreas de la experiencia educativa; y que su reciente aplicación, en segundo lugar, ofrece pocas evidencias de su potencial metodológico para desarrollar y consolidar un cuerpo teórico más consistente acerca de la educación, idea que se ha sostenido al principio de este capítulo.

Se advierte a partir de estas consideraciones que un problema prioritario para los investigadores de la educación reside en definir las áreas en las que es posible aplicar los modelos causales analizados; dicho problema se torna más agudo en tanto que la pedagogía (concebida como un cuerpo organizado de conocimientos sobre la educación) no ha desarrollado una clasificación clara y precisa de los diferentes ámbitos de la educación.

Existen, sí, clasificaciones un tanto anárquicas que son

producto de propósitos, enfoques y criterios diversificados -a veces opuestos y contradictorios- para estudiar el fenómeno educativo.

Como ejemplo de lo dicho anteriormente, pueden reseñarse algunas clasificaciones.

Joyce y Weil, en la obra Models of teaching, clasifican los ambientes de enseñanza-aprendizaje en cuatro tipos que definen como modelos: modelo de interacción social, modelo de procesamiento de información, modelo de desarrollo personal y modelo de control de la conducta. (63)

Los autores llegan a esta clasificación de acuerdo al estudio retrospectivo de las relaciones específicas entre enseñanza y aprendizaje, así como a la caracterización particular de variables propias de cada proceso que los teóricos de la educación a lo largo de la historia han definido.

Otro ejemplo es el de la 'tipología' propuesta por Hooper para los sistemas educativos, en la que parte de la siguiente premisa teórica supuesta en su tipología:

"...en las sociedades industriales la escolaridad formal es el principal mecanismo de selección, reclutamiento y colocación de niños en sus futuras funciones profesionales". (64)

Partiendo de esta suposición Hooper clasifica a los sistemas educativos en: aristocráticos, paternalistas, meritocráticos y comunistas.

(63) Cfr. JOYCE y WEIL. Models of teaching, 1-26.

(64) HOOPER. En: RICHMOND. Educación y escolaridad, 69-70.

Bien podríamos seguir añadiendo ejemplos de clasificaciones propuestas; su estudio y análisis revelaría, como ya se había dicho, propósitos, enfoques y criterios diversos; lo que a fin de cuentas indicaría que en nuestro campo no estamos ubicados ni siquiera en un nivel taxonómico, sino en un estadio pre-taxonómico.

Así, toda clasificación, llamémosle en este caso taxonomía, resulta estéril desde el punto de vista teórico, porque no permite fundar la investigación sobre una taxonomía o taxonomías aceptadas.

El problema queda en pie y una tarea que perfila su necesidad inmediata, justamente es la formulación de taxonomías a través de las cuales:

- a. Se identifiquen los ámbitos científicos de la educación.
- b. Se definan sus propiedades y características.
- c. Se reconozcan las variables específicas que se encuentran conectadas en cada ámbito.
- d. Se especifiquen las relaciones existentes entre las variables de cada ámbito.
- e. Se determine su regularidad.

Para ser justos con este requerimiento, de acuerdo con el razonamiento causal que dirige este trabajo, estas taxonomías permitirían -en última instancia- delimitar los campos causales propios de la educación, y estimar los métodos o procedimientos que podrían ser utilizados para llegar al conocimiento de lo real.

en la experiencia educativa.

Estas taxonomías que se demandan cumplirían dos funciones, a saber: una propiamente metodológica a través de la cual se ordenarían y clasificarían las evidencias empíricas de los campos educativos; y otra de carácter teórico, por medio de la cual se definirían los conceptos y se estructurarían las relaciones entre los conceptos que empleamos para referirnos al hecho educativo; en otros términos, implicaría la definición de la estructura conceptual de la pedagogía.

Hasta aquí, el tema de este inciso prácticamente ha quedado sin una respuesta inmediata, dado que se dió lugar a una respuesta derivada, pero teóricamente necesaria para el planteamiento de este trabajo.

Con el objeto de no omitir la respuesta, o mejor dicho, el desarrollo correspondiente al inciso, se intentará una proposición de áreas (sin que se entienda como una taxonomía definida), en las que es posible aplicar los modelos causales cuyo propósito es el de representar las interconexiones causales de un sistema específico, para nuestro caso, la educación.

Si partimos de esta última consideración, los modelos causales dentro de la educación persiguen definir y probar qué ambientes producen qué efectos, y qué variables se asocian -y cómo se asocian- a qué variables, produciendo qué efectos.

Siendo así, podemos definir primeramente dos grandes sectores en los que se identificarían posteriormente las áreas o campos científicos de la educación.

El primer sector o nivel, comprenderá los campos causales de mayor complejidad empírica para su investigación.

El segundo nivel, abarcará campos más concretos y específicos.

### I. Primer nivel.\*

#### A1. Ambientes socio-educativos.

Desde un punto de vista pedagógico, en los ambientes socio-educativos, analizaríamos las regularidades y las relaciones de causa-efecto entre diversas variables de orden social -como clase social, posición socioeconómica, origen étnico- con variables específicas del fenómeno educativo y viceversa.

#### A2. Ambientes económico-educativos.

En éstos, se investigarían los lazos causales entre variables propias del área económica como: ingreso, costo, gasto, inversión y producto; y su impacto en los procesos y sistemas educativos.

#### A3. Ambientes educativos globales.

En este sector nos referimos a la investigación sobre sistemas educativos. Preguntas de orden causal quedan ligadas al análisis de las estructuras de los sistemas educativos, a los patrones de organización que adoptan y a las funciones específicas que cumplen.

\* En la exposición, las áreas o campos se identificarán como ambientes, en el sentido de que dan lugar a interacciones específicas entre las variables comprendidas.

#### A4. Ambientes relativos a la administración educativa.

En tales ambientes, se estudiarían los efectos de los modelos de administración y organización educativa sobre el desarrollo y formación de los estudiantes.

### II. Segundo nivel.

#### A1. Ambientes instruccionales.

En estos ambientes quedan comprendidas las variables de muy diversa índole involucradas en la enseñanza y el aprendizaje.

Resulta necesario, para una mejor adecuación así como para una orientación acertada de las acciones emprendidas en estos ambientes, un conocimiento objetivo de causas y efectos. Este campo podría quedar subdividido en tres ambientes mucho más concretos: de enseñanza, de aprendizaje y del plan de estudios.

#### A2. Ambientes de apoyo.

Comprenderían el estudio de los recursos técnicos que apoyan los procesos educativos. Un análisis de tipo causal, revelaría qué efectos producen en los estudiantes.

#### A3. Ambientes familiares.

En este último sector de los ambientes familiares, tratarían de especificarse las influencias educativas de los padres a los hijos, y podrían analizarse a su vez, las relaciones padres-hijos-escuelas.

En todas estas áreas que hemos denominado ambientes, sub-

yace una plataforma empírica que hace posible el estudio y análisis de relaciones causales entre las variables que quedan adscritas a cada área.

La especificación de sus características ayudaría a delimitar el campo o los campos causales inmersos en cada una de ellas. La investigación de los mismos generaría explicaciones aceptables.

La pregunta ¿por qué? aparece inevitablemente en las observaciones y estudios de estas áreas. Así, la reflexión causal tiene legítima cabida en la estructuración del saber pedagógico, y en favor de esta estructuración apelamos metodológicamente al uso de modelos causales.

### 3.5 Alcances y limitaciones.

Tanto alcances como limitaciones de los modelos causales recurrentes y no recurrentes, han sido vertidos en el desarrollo de este capítulo; aunque sin una sistematización apropiada.

A continuación presentaremos en orden los alcances así como las limitaciones de esta metodología.

Como parte de los alcances de estos modelos, es posible presentar los siguientes planteamientos:

1. Podemos, en primera instancia, sugerir que tienen un alto valor heurístico en nuestro campo, debido a que no trabajan con datos experimentales; la reproducción de condiciones iguales en la educación es difícil, y algunas realidades

sólo son accesibles aún a nuestro estudio mediante la obtención de datos no experimentales.

2. Estos modelos permiten estimar la influencia de variables involucradas en los procesos y sistemas educativos para determinar sus vínculos causales.

Este conocimiento objetivo, fundamentado, comprobado y explicitado, serviría a investigadores, planificadores, administradores y practicantes para tomar decisiones y encauzar acciones racionales y científicas.

En relación con estas consideraciones, Sanders observa que la acción educativa por mucho tiempo ha sido orientada por patrones tradicionales y convenciones y no por conocimiento científico. (65)

3. Los resultados de esta metodología: evidencias empíricas conectadas causalmente, permitirían aplicar la teoría en la solución de problemas educativos. Podrían establecerse canales de comunicación entre la teoría y la práctica.
4. El conocimiento aportado por los modelos causales serviría de fundamento racional para evaluar procesos en la educación desde una óptica científica; asimismo, fundamentaría la formulación y puesta en práctica de políticas y estrategias en materia educativa.
5. Finalmente, hay un tópico de importancia capital, a saber,

(65) SANDERS. Educational inquiry as developmental research, 10.



el que se refiere al empleo de los modelos causales recurrentes y no recurrentes para sugerir, desarrollar y extender las teorías explicativas de los hechos educativos.

Quizá el alcance primario de estos modelos radica para nosotros en constituir puentes para pasar de las suposiciones a las verdades teóricas.

Bien, como podrá analizarse a continuación, la modelación causal no constituye el remedio a los problemas teórico-metodológicos y prácticos de la pedagogía. Aunque cuenta con ventajas en sus propósitos, sus limitaciones no pueden escapar a este estudio. Paradójicamente, no podemos descartar el hecho de que una metodología que se base en la modelación abriga en su interior peligros severos.

Veamos a partir de esta afirmación las principales limitaciones de los modelos causales.

1. Al estar sustentada esta metodología en la modelación, representa fracciones de la realidad y no totalidades. Al ser una configuración representativa y simplificada, puede existir pérdida de información significativa sobre la realidad, esto deriva en una imagen desvirtuada del objeto en cuestión.
2. Este tipo de modelos matemáticos, parte de suposiciones teóricas sobre una realidad empírica. Estas suposiciones, relativas a un campo causal, constituyen su soporte; sin embargo, al decir suposiciones, decimos asertos no comprobados. Por lo tanto, las suposiciones teóricas formuladas en principio pueden ser falsas, incompletas o inconsistentes.

El mismo principio y punto de partida de los modelos puede albergar los peligros del método.

3. De lo anterior puede desprenderse que la observación sistemática de la que debe partirse puede resultar imprecisa o puede ser eclipsada por otros factores.
4. No todas las variables pueden medirse con suficiente precisión, por lo que, los errores de medición pueden producir modelos matemáticos inconsistentes y de resultados sesgados.
5. La ausencia de un control estadístico completo puede tornar las inferencias causales en cuestionables u objetables.

Al término de esta exposición han quedado esbozados los alcances y las limitaciones de los modelos recurrentes y no recurrentes.

No es la pretensión de este escrito poner en una balanza ambos aspectos; más bien, el propósito es declararlos con objetividad.

Tomar una decisión a favor o en contra de esta metodología no debe ser resultado de juicios subjetivos o creencias caprichosas, sino resultado de la puesta a prueba de la misma.

La realidad y la construcción de su conocimiento, constituyen las únicas condiciones que podrían validar y hablar en favor o no, de las hondades de este enfoque heurístico.

Así pues, esperemos que la prueba de esta metodología demuestre su eficacia, o en caso contrario, revele su esterilidad inquisitiva para ordenar y teorizar la experiencia educativa.

#### 4. ANÁLISIS CRÍTICO SOBRE EL USO DE MODELOS MATEMÁTICOS.

En los dos capítulos precedentes, hemos analizado un tipo de modelo matemático representado por los sistemas recurrentes y no recurrentes que se apoyan en premisas de causa-efecto.

Cabe recordar que los modelos matemáticos son aquellos que representan simbólicamente un fenómeno particular, mediante un conjunto de variables, parámetros y ecuaciones que se ajustan a un problema, y que toman en cuenta el objetivo de la modelación para definir el tipo de sistema ecuacional adecuado.

En las últimas décadas se ha acumulado una gran experiencia matemática que se ha traducido en el desarrollo y uso de modelos matemáticos en diferentes sectores del conocimiento.

Este fenómeno, producido por la necesidad de manejar con mayor objetividad y precisión la realidad, así como también -en parte- por el extenso desarrollo de la computación, no es exclusivo de las ciencias exactas; también se hace claramente evidente en el ámbito de las ciencias sociales.

En este sentido, encontramos que en 1941 Fisher anticipaba esta situación al señalar lo siguiente:

"Parece seguro que tarde o temprano, toda ciencia tiende a volverse matemática". (66).

Siguiendo esta lógica, en el área de la ciencia social Stone afirmó:

"Ya no es una declaración de controversia

(66) FISHER. En: ALLAIS. "Posibilidades y peligros de la utilización del método matemático en economía". En: DAGUM. (Ed.) Op.cit., 545.

que la matemática es una herramienta indispensable en el estudio de las ciencias sociales. Actualmente se ha convenido en que los métodos matemáticos son necesarios tanto en el nivel teórico, para formular problemas con precisión, así como para extraer conclusiones de los postulados y para obtener claridad en el tratamiento de problemas complicados; como en el nivel aplicativo, para medir variables, estimar parámetros y organizar cálculos dentro de la investigación de resultados empíricos". (67)

Así pues, parece que la matemática y especialmente los modelos matemáticos, pueden contribuir significativamente a la comprensión y solución de problemas sociales teóricos y prácticos.

Este argumento encuentra su fundamento en las siguientes razones (68):

- R1. Dentro de las ciencias sociales muchas áreas son de naturaleza cuantitativa. Permiten, luego, la inclusión metodológica de la matemática para su análisis y tratamiento.
- R2. El desarrollo y aplicación de teorías verbales sobre problemas altamente complejos -como lo son los de las ciencias sociales- pueden traducirse a formulaciones matemáticas que posibilitan un manejo más claro, amplio y exacto de las teorías verbales.
- R3. Las matemáticas proporcionan un medio para obtener claridad y precisión en ámbitos cuyos conceptos son vagos y en los

(67) STONE. Mathematics in the social sciences, V.

(68) Cfr. STONE. Op.cit., I y ss.

que la información precisa es difícil de conseguir.

Sin embargo, no obstante que estas razones son atractivas, y comprobables, no debe creerse que la matemática junto con los modelos que de ella derivan presentan únicamente bondades; su inclusión metodológica en el ámbito de la ciencia social debe apreciarse desde un ángulo crítico que asegure el manejo racional y acertado de esta herramienta.

En esta perspectiva valen algunas observaciones generales sobre la naturaleza y posibilidades de la matemática.

La matemática puede interpretarse como un instrumento teórico que nos ofrece un modo de razonamiento específico, que se distingue por su rigor, sistematicidad y exactitud; en este sentido, la matemática puede entenderse -sin contradicción alguna- como un juego que no tiene contenido empírico alguno, que está integrado por una serie de principios, reglas y condiciones para manejar nuestro conocimiento.

"El razonamiento matemático... es una técnica conceptual para explicar lo que está implícitamente contenido en un conjunto de premisas. Las conclusiones a que conduce esa técnica no afirman nada que sea teóricamente nuevo en el sentido de no estar ya contenido en las premisas". (59)

De esta suerte la aplicación matemática exige el conocimiento profundo y exacto de los hechos, así como aprender a pensar matemáticamente; lo que implica pasar de la vaguedad a una abstracción fina y detallada sobre los procesos y eventos que

(69) HEMPEL. "Sobre la naturaleza de la verdad matemática". En: NEWMAN. (Ed.). Matemática, verdad, realidad. 29-30.

nos interesa representar, esto es, transformar los datos empíricos en objetos matemáticos a través de los cuales se puedan analizar.

Con frecuencia la matemática puede ser engañosa y la abstracción aguda que le caracteriza puede conducirnos a equívocos o falsas interpretaciones. La profundidad en el estudio de un fenómeno no está dada por la mayor o menor abstracción de la expresión o cálculo matemático, que en ocasiones es obscuro, sino que está lograda por el grado de isomorfismo alcanzado entre los lenguajes matemático y empírico, que nos hablan de dos mundos que pueden relacionarse en virtud de que comparten propiedades comunes.

Valga pues insistir en que la matemática no imparte ni sustancia ni verdad a la realidad, únicamente apela a la evidencia probatoria de aquello que se ha contenido previamente en una red de estructuras matemáticas.

Conviene entonces mantenerse alertas cuando hacemos uso de la herramienta matemática, ya que podríamos correr el riesgo de ser utilizados por ella y quedar atrapados en una expresión matemática carente de utilidad.

Al respecto, Baumol hace un comentario interesante:

"En algunos casos los autores han olvidado su intención de impartir un contenido empírico más rico a su construcción por pura fascinación con su estructura matemática formal". (70).

---

(70) BAUMOL, "Los modelos económicos y las matemáticas". En: DAGUM. (Ed). Op.cit., 558.

En ocasiones, el investigador pierde de vista su propio contenido en aras de un cálculo matemático sofisticado, que de ninguna manera representa una garantía de calidad. (71)

Hay que admitir que el lenguaje matemático es tan difícil como delicado y antes de ser aplicado tiene que ser bien aprendido con el propósito de no sorprendernos con él.

Estas observaciones sobre la matemática valen igual para los modelos que utilizan su lenguaje para representar la realidad y que, dentro de los modelos simbólicos, constituyen los más variados y flexibles.

En efecto, los modelos matemáticos son sumamente variados, lo que nos hace suponer que aun utilizando la matemática como único lenguaje para representar la realidad, tal representación puede asumir diferentes modalidades.

Este hecho nos conduce a precisar que existen diversos tipos de modelos matemáticos que contiene cada cual un modelo teórico-empírico interno, así como un conjunto de restricciones y suposiciones a priori para el cálculo matemático.

Seguindo a Jacoby y Kowalik, los modelos matemáticos pueden clasificarse de la siguiente manera (72):

- |  |   |  |
|--|---|--|
| 1. Modelos matemáticos fundamentados en el comportamiento del fenómeno representado. | } | <p>a. Dinámicos.<br/>El fenómeno representado varía con el tiempo.</p> <p>b. Estáticos.<br/>El comportamiento del fenómeno es constante.</p> |
|--|---|--|

(71) Cfr. FISHER. En: ALLALS. En: DAGUM. (Ed.). *Op.cit.*, 546-547.

(72) JACOBY y KOWALIK. Mathematical modeling with computers, 12 y ss.

2. Modelos matemáticos fundamentados en el tipo de datos, parámetros y expresiones matemáticas.

- a. Deterministas.  
El fenómeno y la operación matemática están exactamente definidos.
- b. Estocásticos.  
La representación incluye de datos probabilistas.
- c. Continuos.  
Los datos, relaciones y parámetros son continuos.
- d. Discontinuos.  
Las interacciones entre las variables ocurren en tiempos discretos.

3. Modelos matemáticos fundamentados en el grado de refinamiento de la representación.

- a. Distributivos.  
Las variables dependen de su posición espacial.
- b. Agregados.  
Variables y relaciones no dependen de su posición espacial.

4. Modelos matemáticos fundamentados en el problema matemático de la modelación.

- a. Lineales. Ecuacionales  
  
De aproximación.
- b. No lineales.  
  
De optimización.  
  
Métodos que incluyen datos artificiales.



Se aprecia con claridad que existe una gama amplia de modelos matemáticos. ¿Cuál utilizar? Depende del objetivo que se persiga, del tipo de suposiciones teóricas, así como también del conjunto de datos empíricos que sustentan la formulación verbal y el cálculo matemático.

La elección de un modelo matemático no es pues una cuestión de mera preferencia sino una decisión teórica que se apoya, naturalmente, en el material empírico que será representado, y que, inicialmente, se integra a una formulación verbal que se transformará posteriormente en una formulación matemática. En este sentido podemos decir que a toda formulación verbal puede corresponder una representación matemática. (73)

Ahora, antes de pasar al siguiente punto conviene notar que, independientemente del tipo de modelo matemático que se deba desarrollar en una circunstancia particular, existen algunas dificultades latentes como las siguientes:

1. Una inadecuada comprensión teórica del fenómeno estudiado, puede proyectarse en dificultades para definir las variables y relaciones matemáticas que deben integrarse en el modelo matemático.
2. No siempre relaciones definidas matemáticamente, equivalen a problemas solucionables.
3. En ocasiones cuando el problema matemático es solucionable, no siempre se dispone de los datos detallados.
4. Las mediciones no son siempre exactas.

---

(73) Cfr. SAMUELSON. En: PAPPS y HENDERSON. Models and economic theory, 74.

## 5. La validación de modelos matemáticos es difícil. (74)

Al término de estas consideraciones se puede admitir que la matemática, no es la fuente de solución a los problemas teórico-metodológicos de la ciencia social. Quien así lo piensa -sin duda- se equivoca ya que solamente constituye una herramienta auxiliar en la investigación e interpretación de los fenómenos.

### 4.1 Los modelos causales en la investigación pedagógica.

En el tercer capítulo se han revisado con detalle los modelos recurrentes y no recurrentes dentro del campo de la investigación pedagógica.

En la perspectiva de tal revisión, se puso el acento en el uso de estos modelos como recursos metodológicos para "desarrollar" la investigación pedagógica contemporánea y acrecentar, de esta manera, nuestro conocimiento teórico de las realidades educativas que se calificaron de diversas y complejas.

En este apartado se ampliará el punto relativo a los modelos causales en la investigación pedagógica y se agregará una mención crítica de lo que denominaré la "sorpresa matemática" de los modelos causales en la pedagogía.

En términos generales se admite que un modelo causal es aquel que representa la realidad mediante una estructura de relaciones de causa-efecto.

---

(74) Cfr. JACOBY y KOWALIK. Op.cit., 7.

Propiamente todo modelo causal se debe concebir como una hipótesis probable de la realidad, esto es, como una construcción teórica, no obstante que la causalidad se pertenezca a la naturaleza existencial de los fenómenos. Su representación no se plasma de ninguna manera en una especie de impresión fotográfica, la causalidad tiene que elaborarse y construirse teóricamente para comprobarse después.

De esta manera podemos admitir que la esencia misma de todo modelo causal se cristaliza en la hipótesis causal que le da forma y dirección.

Interesa ahora resaltar que cuando hablamos a título simple y general de modelos causales dentro de la investigación pedagógica, no siempre nos referimos al mismo tipo de modelo; la única constante es la base epistemológica que se apoya en las conexiones de causa y efecto. Pero metodológicamente existen y se desarrollan diferentes interpretaciones de modelos que soportan inferencias causales.

Tales interpretaciones aparecen como una consecuencia de los siguientes aspectos que, entre sí, se encadenan lógicamente:

1. Las propiedades, características y rasgos del contenido empírico del cual derivan las variables entre las que se suponen relaciones causales.

Las propiedades del contenido son el punto de partida y determinan el tipo de medición que puede efectuarse.

2. El tipo de medidas obtenidas y formalizadas precisa los métodos matemáticos posibles de utilizar.

3. El comportamiento específico de las variables en el tiempo.
4. El ordenamiento y relación de las variables dentro del modelo.
5. Las suposiciones a priori en las que descansa el modelo matemático para admitir una o múltiples soluciones.

Al integrarse estos aspectos en una dimensión metodológica nos vemos obligados a hablar de tipos de modelos causales, que se diferencian uno del otro por el mecanismo operativo matemático para demostrar la hipótesis central -que en todos, valga la redundancia- es de naturaleza causal.

Dadas estas circunstancias los modelos causales aplicables a la investigación pedagógica pueden dividirse en:

* Modelos estructurales	}	Recurrentes
		No recurrentes
		De bloque
		Partitivos.

\* Modelos factoriales.

\* Modelos dinámicos uniecuacionales.

\* Modelos dinámicos multiecuacionales.

\* Modelos con variables retardadas en el tiempo.

Estos diferentes modelos, obligan matemáticamente, a considerar prescripciones y condiciones particulares para cada uno.

Ahora, partiendo de un ángulo esencialmente crítico, resulta imprescindible notar que la presentación que se ha hecho de la modelación causal en el terreno de la investigación peda-

gógica no sólo ha sido escasa, sino que peligrosamente se ha disfrazado de una aparente simplicidad que es, a todas luces, completamente falsa.

Shapiro, en un artículo sobre el trabajo de James Anderson: Causal models in educational research: nonrecursive models, advierte que el tratamiento concerniente tanto a la identificación como a la estimación matemática de estos modelos es mucho más complicada de como Anderson la presenta. (75)

El autor hace notar cómo la postulación simplificada de algunas reglas no nos ayuda a resolver los problemas de identificación, veamos:

"Al discutir la identificación y estimación de los modelos de ecuaciones simultáneas, Anderson (1978) presenta una regla simple para determinar cuándo una ecuación puede o no identificarse: "En orden de identificar una ecuación, el número de variables predeterminadas excluidas de la ecuación debe ser al menos igual al número de variables endógenas incluidas en el extremo derecho de la ecuación" (p.88). De hecho, una ecuación puede cubrir este requisito y permanecer no identificada. Esto es porque la regla, con frecuencia llamada la condición de orden, es únicamente una condición necesaria pero no suficiente para la identificación". (76)

Otro señalamiento crítico, que hace el mismo autor, gira en torno a la forma en que Anderson sugiere el uso de mínimos cuadrados bietápicos (MC2E) para la estimación de las ecuaciones del modelo:

(75) Cfr. SHAPIRO, Note on Anderson's causal models in educational research: nonrecursive models, 349.

(76) SHAPIRO, Op.cit., 347. (Subrayado nuestro)

Anderson... "Declara que, para una ecuación simultánea, la estimación de parámetros a través de mínimos cuadrados ordinarios es sesgada e inconsistente (p. 89). Los estimadores de mínimos cuadrados bivariados... aunque sesgados, son consistentes porque los regresores en su forma reducida son independientes del término de error. La implicación es que los estimadores bivariados siempre deberían preferirse sobre los mínimos cuadrados ordinarios ya que ambos son sesgados pero los primeros son consistentes.

La implicación es errónea y el uso de mínimos cuadrados bivariados puede conducir a problemas serios de inferencia. Porque la consistencia es una propiedad asintótica..." (77)

A este fenómeno de simplicidad, imprecisión y muchas veces ausencia de información técnica, es a lo que he llamado la "sorpresa matemática" de los modelos causales dentro de la investigación pedagógica.

Cuando como especialista de la educación uno se interesa por una metodología novedosa -como en este caso la modelación causal- uno se ve atrapado en versiones y ejemplos que presentan una imagen demasiado simplificada de las operaciones matemáticas; así, cuando se decide emprender el uso de la metodología, sencillamente vamos de tropiezo en tropiezo.

Algunas de las causas que dan lugar al fenómeno de la sorpresa matemática son las siguientes:

1. Todo modelo causal, para su transformación matemática, se apoya en una disciplina rigurosa que comprende leyes, principios

---

(77) Ibidem., 349. (Subrayado nuestro)

y axiomas que en muy raras ocasiones aparecen mencionados en la literatura pedagógica. El problema de no ya manejar, sino de ni siquiera conocer tales fundamentos, se proyecta en el uso de la metodología, en una falta de comprensión y exposición oportuna y necesaria de las restricciones y condiciones que a priori determinan las operaciones y soluciones pertinentes para el modelo.

Por otra parte, el desconocimiento de los fundamentos nos vuelve dependientes de simplificaciones, interpretaciones o traducciones elaboradas por matemáticos o estadísticos. Tales traducciones en versiones gentilmente simplificadas nos impiden "descubrir" opciones técnicas para los procedimientos.

En suma, no sostengo que el investigador de la educación sea matemático al mismo tiempo, pero que sí domine los fundamentos de las metodologías cuantitativas que piensa utilizar para promover el desarrollo teórico de la disciplina pedagógica.

2. El manejo de esta metodología cuantitativa dentro de la investigación pedagógica se ha realizado a través de ejemplos o, en su caso, presentando investigaciones llevadas al cabo a través de la modelación causal.

Con certeza puede decirse que la sorpresa matemática ha sobrevenido en virtud de carecer de una sistematización teórico-metodológica y técnica que sobre tal herramienta indique:

- a. Principios teórico-epistemológicos en los que se apoya, que en este caso están referidos a la causalidad.

- b. Fundamentos y principios matemáticos en los que se sostiene la articulación de la estructura matemática,
- c. Suposiciones a priori y reglas que condicionan y determinan la aplicación y desarrollo adecuado de las técnicas estadísticas para solucionar la estructura ecuacional,
- d. Problemas provocados por mediciones sesgadas, por ausencia de mediciones efectuadas sobre diversas variables intervinientes, o bien, problemas dados por el tipo de interrelaciones supuestas entre las variables del fenómeno estudiado.
- e. Procedimientos matemáticos equivalentes para la solución de los modelos matemáticos.

Una sistematización de esta naturaleza, permitiría una interpretación clara de la metodología y un uso correcto de la misma, habiendo anticipado sus posibilidades y restricciones.

3. Para concluir, vale agregar una tercera causa que se relaciona con la anarquía existente en el campo de los científicos sociales.

La modelación causal se ha explorado en los diferentes sectores de la ciencia social: economía, sociología, política y educación; bajo la suposición de compartir un problema común, a saber, estudiar fenómenos vinculados todos a la acción del hombre.

A través de los modelos causales se ha perseguido probar las redes de causa-efecto que determinan la estructura y comportamiento de los fenómenos sociales. Sin embargo, es sorpren-



dente advertir cómo reina una gran anarquía en la interpretación de los modelos, que especialmente se aprecia en la notación matemática y los mecanismos de solución.

Se quitan, omiten y agregan constantes matemáticas sin advertencia alguna, varían igualmente los procedimientos técnicos de campo a campo y de investigador a investigador. En este sentido, todo investigador novel en esta metodología se desconcierta.

Debemos apelar, por consiguiente, a un purismo metodológico a la luz del cual las metodologías se manejen de acuerdo a lineamientos y condiciones siempre declaradas formalmente,

Estas consideraciones no invalidan de ninguna manera la utilidad potencial de la modelación causal dentro de la investigación pedagógica, pero sí nos hacen ver críticamente cuán difícil resulta su aplicación correcta y cuantos peligros encubiertos alberga.

A continuación pasaremos al inciso final de este cuarto y último capítulo. En él, presento una proposición de orden metodológico para el estudio de la educación.

#### 4.2 Lineamientos metodológicos para un estudio causal de la educación.

Todos los educadores admitimos la diversidad y complejidad de la educación y nos interrogamos cómo investigar este fenómeno para comprenderlo y explicarlo científicamente; nos interesamos en descubrir y comprobar qué relaciones existen entre las

múltiples variables comprendidas en la educación; en precisar por qué se producen efectos diferenciados en circunstancias aparentemente iguales, y, asimismo, buscamos entender plenamente el comportamiento de los procesos educativos, atendiendo a sus propiedades, características y resultantes. Pero, más allá de la diversidad propia de la educación ambicionamos el saber de su esencia originaria, esto es, su explicación causal.

De esta manera en el centro de estas interrogantes e inquietudes inquisitivas es que cabe legítimamente el razonamiento causal, como una directriz reguladora de nuestras investigaciones pedagógicas.

Bajo estas consideraciones preliminares, propongo algunos lineamientos metodológicos que -en el marco de la modelación- nos ayuden a investigar causalmente la educación y por consiguiente, a responder a los posibles por qué en este campo.

Inicialmente habrá que admitir que la educación no es una experiencia accidental del azar, la fortuna o la mera casualidad.

La educación es producida por factores específicos y tiene causas particulares que pueden explicar su origen, trayectoria y comportamiento.

Por otra parte, también tendrá que admitirse que la causalidad pertenece a la naturaleza óptica de los fenómenos y procesos de la realidad y que, en términos de su conocimiento, se postula siempre como una hipótesis probable que queda expuesta al juicio de la comprobación.

Estudiar causalmente la educación supondrá, en este sentido, hacer inteligible el fenómeno mediante hipótesis continuas y sucesivas que intentamos perfeccionar a través de una observación sistemática y rigurosa de la realidad, y que se sintetizarán en modelos cognoscitivos esquemáticos y aproximados en semejanza con la educación.

La atribución causal, por consiguiente, se convierte en una tarea infinita de saber cómo se copertenecen y varían los factores constitutivos de la educación.

Bien, pasaremos ahora a la exposición de los pasos que a mi juicio son necesarios para estudiar causalmente la educación.

Como soporte teórico de esta proposición se toma el paradigma inquisitivo de la causalidad. Por lo cual se establecerán como premisas rectoras los siguientes enunciados:

- La causalidad es una categoría explicativa mediante la cual tratamos de definir vínculos de producción causa-efecto entre sucesos diversos de la realidad educativa.
- Toda relación causal, para que exista, demandará -por lo menos- dos sistemas diferentes, de los cuales uno será antecedente y otro siempre consecuente.
- El sistema antecedente deberá preceder existencialmente al sistema consecuente.
- La conexión causal podrá ser simple o múltiple y en este último caso: disyuntiva o conjuntiva.

- La conexión causal podrá presentarse en acontecimientos regulares o discontinuos.
- Toda conexión causal se adscribirá a un campo delimitado que se denominará campo o región causal.

Estos enunciados denotan el perfil general del soporte teórico bajo el que operarán los lineamientos metodológicos que a continuación se presentan.

### 1. Delimitación del campo causal específico.

La primera tarea del investigador es la de delimitar el campo causal\* específico en el que va a desempeñar sus funciones de investigación. Esta tarea tiene el propósito de identificar:

- El tipo de variables que intervienen en el fenómeno.
- Las relaciones específicas entre las variables.
- Características generales del campo.

Con esta información se establecen los límites de un campo y se deslindan variables que no tienen influencia alguna. Constituye, en otros términos, una delimitación teórica y conceptual mediante la cual se ubica el investigador.

### 2. Exploración de evidencias empíricas y establecimiento de hipótesis causales simples.

Una vez delimitado el campo causal específico, pasamos a

---

\* Campo causal deberá entenderse como equivalente de ambiente educativo. Vid. Capítulo 3, inciso 3.4 de este mismo trabajo.

una exploración de evidencias empíricas que puede llevarse a cabo mediante observaciones sistemáticas y cuidadosamente controladas, o bien, estudiando investigaciones realizadas que pongan de manifiesto con claridad los hallazgos empíricos relacionados con el campo.

Nótese que el objeto de esta fase es el de estructurar una plataforma suficientemente consistente de contenido empírico que apoye la construcción de hipótesis causales simples. Sugerimos que en una primera instancia se propongan hipótesis de causalidad simples entre las variables del campo, a fin de facilitar el proceso de comprobación o rechazo de las mismas.

El establecimiento de las formulaciones causales complejas estará desarrollado en la construcción de los modelos. Esta etapa sirve al investigador para asegurarse un grado más elevado de probabilidad de que sus proposiciones teóricas sean verdaderas.

### 3. Definición, prueba e inventario de causas.

Después de postular las hipótesis causales simples, damos paso a la definición, prueba e inventario de las causas. Para ello recurrimos a la teoría probabilista de la causalidad, en la que, a través de medidas de asociación, podemos advertir si existe o no correlación entre las variables de las hipótesis planteadas. Si existe correlación de tipo

\* Vid. Capítulo 1, inciso: 1.2/1.2.5 de este mismo trabajo.

causal, podemos clasificar la naturaleza de las causas, sean éstas: aparentes, directas, indirectas, suplementarias o espurias.

Identificar la naturaleza específica de las causas permitiría al investigador saber cuál es la importancia de cada causa para articularlas convenientemente en una formulación teórica más comprehensiva del fenómeno.

Asimismo, los inventarios simples de causas y efectos se convertirían en una herramienta valiosa para el investigador porque en ellos podría compendiar el conjunto bien sea de causas que producen un fenómeno, o bien de efectos producidos.

Al concluirse la definición, prueba e inventario de causas, el investigador contaría con el material empírico preciso para descartar variables que se supusieron erróneamente como causas o efectos, y estructurar su modelo causal verbalmente.

#### 4. Estructuración teórica del modelo verbal.

Hasta este momento el investigador ha definido el campo, ha explorado las evidencias empíricas y ha propuesto hipótesis causales simples para definir, probar e inventariar las causas ligadas a un fenómeno particular.

Cuenta en esta etapa con información y evidencias sustanciales para estructurar teóricamente el o los modelos causales necesarios para explicar su fenómeno.

La estructuración teórica del modelo verbal exigirá al in-

investigador:

- a. Declarar el conjunto total de suposiciones teóricas en las que descansan las relaciones causales.
- b. Especificar el conjunto total de variables que conforman el modelo.
- c. Describir la dirección de la causalidad dada en las variables especificadas.

Al relacionar estos aspectos el investigador representa simbólicamente la realidad que estudia, esto significa que elabora un modelo probable que deberá ser comprobado.

Por otra parte ya está delimitado en esta etapa el tipo de contenido empírico esencial del modelo.

5. Elaboración del diagrama causal.

Esta etapa eminentemente cumpliría una función auxiliar, con el propósito de especificar gráficamente las relaciones entre las variables y la dirección de la causalidad.

Constituye de esta manera el modelo gráfico del modelo verbal, y en él constarían las relaciones causa-efecto contenidas en el conjunto de suposiciones teóricas en las que se apoya el modelo.

6. Transformación matemática del modelo causal.

Cuando se cuente con el modelo teórico verbal el investigador deberá:

- a. Reexaminar la naturaleza del contenido empírico al que se refiere la representación.
- b. Precisar el comportamiento de las variables.

- c. Analizar -una vez más- las relaciones causales.
- d. Establecer el tipo de mediciones que se efectuarán, o bien, el tipo de mediciones que se obtendrán de: estadísticas, censos o estudios empíricos llevados al cabo.

Al conjugar esta información se puede pasar a la elección del modelo causal apropiado: recurrente, no recurrente, de bloque, partitivo, factorial, dinámico uniecuacional o multiecuacional, o con variables retardadas en el tiempo. En este momento existe ya una plataforma bastante amplia y formal de conocimiento para tomar la decisión teórica pertinente.

Al tomar la decisión, la formulación verbal se transforma en el tipo de estructura matemática elegida.

#### 7. Medición de variables.

Acto continuo de haber definido la opción matemática de representación, se procedería a la medición de variables. Aquí, debe tomarse en cuenta que pueden emplearse mediciones ya efectuadas en otros estudios.

#### 8. Operación matemática.

Al contar con la estructura matemática, más las mediciones de las variables, el paso siguiente debe ser la obtención de parámetros para solucionar el modelo. La solución del problema matemático puede llevarse al cabo con el auxilio de un programa de computación; esto agiliza el procesamiento de datos y permite al investigador economizar tiempo en esta fase.



Dentro de esta etapa el investigador debe permanecer alerta pues los resultados pueden ser inconsistentes y sesgados debido a:

- a. Variables omitidas.
- b. Mediciones sesgadas.
- c. Asociaciones entre las variables no supuestas.

La presencia de alguno de estos problemas podría obstaculizar la operación matemática y obligaría a una revisión de datos y procesos efectuados.

#### 9. Validación del modelo.

Si se encuentra la solución del modelo y, por consiguiente, éste es solucionado, el modelo debe someterse al proceso de validación para aceptar o rechazar las suposiciones causales que dieron forma inicial a la representación.

Si el modelo es rechazado debe volverse al análisis de los pasos previos para identificar el o los errores cometidos y ajustar nuevamente la proposición.

Si el modelo es aceptado, se pasa al punto final del estudio que es la difusión y empleo de los resultados del modelo.

#### 10. Difusión y empleo de resultados.

Cuando las suposiciones teóricas del modelo son aceptadas como verdaderas, debe procederse a la difusión de los resultados para evitar que el propio estudio asuma la modalidad de ser un autoservicio.

Si se prueban las relaciones causales entre las variables de un campo, éstas deberían comunicarse para proseguir otros

estudios y poder profundizar el conocimiento del campo. Asimismo, correspondería a la etapa final emplear los resultados del modelo construido.

A través de los diez lineamientos expuestos se podrían emprender estudios causales formales dentro de los diferentes ámbitos de la educación, y podríamos irnos acercando por aproximaciones sucesivas y graduales al conocimiento de la esencia originaria del fenómeno educativo; iríamos demarcando su causalidad.

El objetivo principal de esta proposición sería el de guiar con claridad, orden lógico y precisión al investigador en el empleo de la modelación causal.

Finalmente, para concluir quisiera señalar que el decidirnos en un momento a construir modelos, es admitir en principio la decisión de abrigar riesgos y peligros: todo modelo no es más que la idealización esquemática de la realidad, y los modelos causales siempre serán una hipótesis sometida a una revisión incesante mediante la cual:

"...nos vamos aproximando a la verdad, pero algo de ella se nos escapa. Queda todavía un elemento de coyuntura, un área de incertidumbre, una cuestión de acento. ¿Quién se atreverá a afirmar que tiene toda la verdad?". (78)

Valga pues, advertir desde un principio las propias limitaciones de un mecanismo como el aquí planteado.

---

(78) MCIVER. Op.cit., 322.

## CONCLUSIONES

El tema desarrollado en este trabajo por su complejidad, da lugar a diversas conclusiones. Expondré aquellas que desde una perspectiva pedagógica pueden ser las más significativas.

1. La causalidad es uno de los paradigmas explicativos más complejo y controvertido que en la historia del desarrollo científico ha sido continuamente explorado, probado y, actualmente, hasta substituido por otros esquemas de explicación en algunas áreas de la ciencia.

Sin embargo, a pesar de su larga y consistente historia, dentro del conocimiento pedagógico su manejo y discusión formal ha sido limitada y acaso subsumida en la investigación de naturaleza experimental.

Las interrogantes causales acerca de la esencia y comportamiento del fenómeno educativo, esperan de la pedagogía una amplia discusión teórica que justifique la inclusión del razonamiento causal para regular metódicamente la investigación pedagógica.

2. El hombre se ha distinguido por su capacidad para construir y representar imágenes variadas de su realidad, esto es, por diseñar idealizaciones análogas del universo que habita. Tales idealizaciones han progresado de la simplicidad a la complejidad y a la sofisticación crecientes.

En este sentido, la construcción de modelos ha sido desde siempre una herramienta en los procesos de conocimiento que,

con el progreso del saber acumulado y con el desarrollo de los procesos de investigación, ha llegado a formalizarse como una metodología que ahora se propone a la pedagogía.

3. El uso de la modelación causal en la investigación pedagógica ha sido incipiente; empero, presenta un valor potencial para:

- Promover el desarrollo teórico de la disciplina.
- Afinar formulaciones teóricas sobre la educación.
- Sistematizar redes causales de los acontecimientos educativos.
- Apoyar decisiones y políticas educativas acertadas.
- Evaluar las resultantes de programas y acciones educativos.

4. El desarrollo de modelos causales en la pedagogía con especial énfasis en sistemas recurrentes y no recurrentes, revela que éstos han servido más a fines de autoservicio; situación que pone en evidencia la anarquía existente en el campo de la investigación pedagógica, así como la ausencia de programas compartidos de exploración y desarrollo teórico de la disciplina por parte de la comunidad de investigadores.

5. Los lineamientos teórico-metodológicos y técnicos de la modelación causal no se han sistematizado convenientemente en el campo de la investigación pedagógica.

Por tal motivo:

- Se desconocen las reglas de causalidad implícitas.

- Igualmente, se desconocen los principios y axiomas en los que descansa la construcción de la estructura matemática.
- La simplificación de reglas o su omisión, obstaculizan el tratamiento técnico de la estructura matemática.

Por lo tanto, se hace necesario clarificar y sistematizar los aspectos teóricos, metodológicos y técnicos de esta herramienta para un uso pertinente de la misma.

6. Para poder utilizar convenientemente los modelos causales en la investigación pedagógica y contribuir con ello al desarrollo teórico de nuestra disciplina, se acusa la necesidad apremiante de definir las áreas de aplicación en las que la metodología puede ser válida.

En esta perspectiva es preciso adentrarnos más en un trabajo de orden descriptivo -taxonómico- y menos de naturaleza interpretativa.

Una disciplina debe crecer sobre bases firmes. No estoy segura que la pedagogía haya establecido sus verdades necesarias, valga pues el esfuerzo de encontrarlas, descubrirlas y exponerlas metódica y sistemáticamente.

7. En la pedagogía, como en otras ciencias, la modelación matemática no debe dejar de entenderse como una herramienta para manejar con precisión y ordenar con exactitud el pensamiento.

Ambos recursos: la modelación y la matemática, tienen alcances específicos y limitaciones concretas. Su utilización de ninguna manera garantiza la científicidad de una disciplina;

acaso estas herramientas metodológicas sólo preludian un modo más ordenado para estructurar la reflexión teórica.

## OBRAS CONSULTADAS

- ALCAIDE INCHAUSTI, A. Econometría y modelos econométricos. Unidad didáctica 5. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 1977. 117 p.
- ANDERSON, James G. "Causal models and social indicators: towards the development of social systems models". En: American Sociological Review. Vol. 38, No. 3, 1973: 285-302.
- \_\_\_\_\_: "Constructing causal models: problems of unit of analysis, aggregation and specification". En: Health Services Research. Vol. 13, No. 1, 1978: 50-60.
- \_\_\_\_\_: "Constructing causal models. Critical issues". En: Health Services Research. Vol. 13, No. 3, 1978: 319-325.
- \_\_\_\_\_: "Causal models in educational research: nonrecursive models". En: American Educational Research Journal. Vol. 15, No. 1, 1978: 81-97.
- ANDERSON, James y Evans. "Causal models in educational research: recursive models". En: American Educational Research Journal. Vol. 11, No. 1, 1974: 29-39.
- ARISTOTELES. Obras; tr. Francisco de F. Samaranich; 2a. ed. Madrid: Aguilar, 1973. 1634 p. (Grandes Culturas).
- BARBANCHO, Alfonso G. Complementos de econometría; 3a ed. Barcelona: Ariel, 1973. 194 p.
- BEAN, John P. "Dropouts and turnovers: the synthesis and test of a causal model of student attrition". En: Research in Higher Education. Vol. 12, No. 2, 1980: 155-187.
- BLACK, Max. Modelos y metáforas; tr. Victor Sánchez de Zavala. Madrid: Tecnos, 1966. 257 p. (Estructura y Función, 23).
- BLALOCK, Hubert M. Jr. Causal inferences in non-experimental research. North Carolina: The University of North Carolina Press. Chapel Hill, 1964. 200 p. (Ils.).
- \_\_\_\_\_: Theory construction: from verbal to mathematical formulations. New Jersey: Prentice-Hall, 1969. 180 p.
- \_\_\_\_\_: (Ed.). Causal models in the social sciences. Washington: MacMillan, 1974. 515 p. (Ils.).
- \_\_\_\_\_: Estadística social; tr. Juan Naves; 2a ed. México: F.C.E., 1979. 610 p. (Sección Obras de Sociología).

- BLALOCK, Hubert M. Jr. y Ann B. Blalock. (Ed.). Methodology in social research. New York: McGraw Hill, 1968. 493 p.
- BOHRNSTEDT, G. "Book review: Causal models in the social sciences". En: American Sociological Review. Vol. 38, No. 3, 1973: 129.
- BOUDON, Raymond. La crisis de la sociología; tr. Josep Colomé. Barcelona: Laia, 1974. 397 p. (Sociología, Papel 451).
- BRAITHWAITE, R. La explicación científica; tr. Victor Sánchez de Zavala. Madrid: Tecnos, 1965. 410 p. (Estructura y Función, 15).
- BRAND, Myles. The nature of causation. Urbana: University of Illinois Press, 1976. 387 p.
- BROOKS, Charles. "Reply to "Constructing causal models: problems of units of analysis, aggregation and specification". En: Health Services Research. Vol. 13, No. 3, 1978: 305-318.
- BUNGE, Mario. La investigación científica, su estrategia y su filosofía; tr. Manuel Sacristán; 4a ed. Barcelona: Ariel, 1975. 955 p. (Colección Convivium, 8).
- \_\_\_\_\_: Causalidad. El principio de causalidad en la ciencia moderna; tr. Hernán Rodríguez; 4a ed. Buenos Aires: EUDEBA, 1978. 403 p. (Biblioteca del Universitario. Temas / Filosofía).
- BUNGE, Mario; F. Halbwachs, et al. Las teorías de la causalidad; tr. Miguel A. Quintanilla. Salamanca: Editorial Siqueme, 1977. 154 p. (Hermeneia, 6).
- CARDUCCI, Bernardo. Path analysis: a brief introduction. Unpublished manuscript. Department of Psychology. Kansas State University. 22 p.
- COPI, Irving. Introducción a la lógica; tr. Néstor Míguez; 16a. ed. Buenos Aires: EUDEBA, 1976. 614 p. (EUDEBA Manuales).
- CHARVAT, F. "Causal models in systems of qualitative sociological variables. Introductory remarks". En: Quality & Quantity. Vol. 9, No. 4, 1975: 349-359.
- DAGUM, Camilo. (Ed.). Metodología y crítica económica. México: F.C.E., 1978. 611 p. (Lecturas, 26).
- DAGUM, C. y E. de Dagum. Introducción a la econometría; 7a. ed. México: Siglo XXI, 1980. 325 p.
- ESCUDERO, O. Análisis estadístico de regresión y correlación en la investigación pedagógica. México: UNAM. (En prensa).



- FINK, E. y T.I. Mabee. "Linear equations and non linear estimation, a lesson from a non recursive example". En: Sociological Methods and Research. Vol. 7, No. 1, 1978: 107-120.
- GARDINER, Patrick. La naturaleza de la explicación histórica; tr. José Luis González. México: UNAM/Centro de Estudios Filosóficos, 1961. 169 p. (Filosofía Contemporánea).
- GOLDBERGER, A. y D. Duncan. Structural equation models in the social sciences. New York: Seminar Press, 1973. 403 p.
- GROSS, Ll. Symposium on sociological theory. New York: Harper and Row, 1959. 403 p.
- HANSON, Norwood Russell. Patrones de descubrimiento, observación y explicación; tr. Enrique García y Antonio Montesinos. Madrid: Alianza Editorial, 1971. 310 p. (Alianza Universidad, 177).
- HYMAN, R.T. (Ed.). Contemporary thought on teaching. New Jersey: Prentice-Hall, 1971. 430 p.
- HAZARD MUNRO, Barbara. "Dropouts from higher education: path analysis of a national sample". En: American Educational Research Journal. Vol. 18, No. 2, 1981: 133-141.
- HEGENBERG, Leóidas. Introducción a la filosofía de la ciencia; tr. J.A. Iglesias Sans; 2a. ed. Barcelona: Herder, 1979. 303 p.
- HUANG, David E. Introducción al uso de la matemática en el análisis económico; tr. Guillermo Cárdenas, Diana Orive y Elena Sandoval; 6a. ed. México: Siglo XXI, 1979. 354 p.
- HUME, David. Tratado de la naturaleza humana; tr. Félix Duque. Madrid: Editora Nacional, 1977. 2 vol. (Biblioteca de la Literatura y el Pensamiento Universales, 22 I y II).
- JACOBY, S. y J. Kowalik. Mathematical modeling with computers. New Jersey: Prentice-Hall, 1972. 402 p.
- JOHNSTON, J. Métodos de econometría; tr. José Ma. Otero Moreno; 3a. ed. Barcelona: Vicens-Vives, 1979. 464 p.
- JOYCE, B. y M. Weil. Models of teaching. New Jersey: Prentice-Hall, 1972. 402 p.
- KAPLAN, ABRAHAM. The conduct of inquiry. Methodology for behavioral science. New York: Harper & Row, 1964. 428 p.
- KENNY, David. Correlation and causality. New York: John Wiley and Sons, 1979. 277 p.

- KERLINGER, Fred N. y Elazar J. Pedhazur. Multiple regression in behavioral research. New York: Holt Rinehart and Winston, 1973. 534 p.
- KMENTA, Jan. Elementos de econometría; tr. Manuel Peñalver. Barcelona: Vicens-Vives, 1977. 750 p. (Vicens Universidad).
- LAENG, M. Panorama actual de la pedagogía; tr. Inés Regina Alvarez. Buenos Aires: Kapelusz, 1978. 95 p. (Nuevos Rumbos en Pedagogía, 8).
- LERNER, Daniel. (Ed.). Cause and effect. The Hayden colloquium on scientific method and concept. New York: The Free Press, 1965. 211 p.
- LOOSE, John. Introducción histórica a la filosofía de la ciencia; tr. A. Montesinos. Madrid: Alianza Editorial, 1976. 233 p. (Alianza Universidad, 165).
- LUSKIN, R.C. "Estimating and interpreting correlations between disturbances and residual path coefficients in non recursive (and recursive) causal models". En: American Journal of Political Science. Vol. 22, No. 2, 1978: 44-47.
- MACIVER, R.M. Causación social; tr. Moisés González y Eugenio Imaz. México: F.C.E., 1949. 338 p.
- MACDONALD, K.I. "Causal modeling in politics and sociology". En: Quality & Quantity. Vol. 10, No. 3, 1976: 189-208.
- MARTIN, James. Functional path analysis as a multivariate technique in developing a theory of participation in adult education. 1970. 14 p. Paper presented at the adult education research conference. Minneapolis, Minnesota.
- MAYNTZ, Renate, K. Holm y P. Hubner. Introducción a los métodos de la sociología empírica; tr. Jaime Nicolás Muñoz. Madrid: Alianza Editorial, 1976. 310 p. (Alianza Universidad, 131).
- MCLELLAND, Peter. Causal explanation and model building in history, economics and the new economic history. Ithaca: Cornell University Press, 1975. 290 p.
- NAGEL, E. La estructura de la ciencia. Problemas de la lógica de la investigación científica; tr. Néstor Riquelme; 2a. ed. Buenos Aires: Paidós, 1974. 543 p. (Biblioteca de Filosofía, Serie Mayor 3).
- NEWMAN, James R. (Ed.). Matemática, verdad, realidad; tr. Manuel Sacristán. Barcelona: Grijalbo, 1969. 195 p. (Colección Hipótesis, 6).

- NICOL, Eduardo. Los principios de la ciencia. México: F.C.E., 1977. 131 p.
- PAPPS, Ivy y W. Henderson. Models and economic theory. Philadelphia: W.B. Saunders Co., 1977. 131 p.
- PRESELECKI, M.K., Szaniawski y R. Wokcicki. (Ed.). Formal methods in the methodology of empirical sciences. Dordrecht-Holland: D. Reidel Pub. Co., 1976. 457 p.
- RICHMOND, Kenneth. Educación y escolaridad; tr. Eloy Requena Calvo. Barcelona: Herder, 1980. 264 p.
- RUSSELL, Bertrand. Conocimiento y causa; tr. José Rovira Armengol. Buenos Aires: Paidós, 1975. 164 p. (Biblioteca del Hombre Contemporáneo, 257).
- \_\_\_\_\_. El conocimiento humano. Su alcance y límites; tr. Néstor Míguez; 5a. ed. Madrid: Taurus, 1977. 515 p. (Ensayistas, 154).
- SANDERS, Donald. "Educational inquiry as developmental research". En: Educational Researcher. Vol. 10, No. 3, 1981: 8-13.
- SHAPIRO, Jonathan. "Note on Anderson's causal models in educational research: nonrecursive models". En: American Educational Research Journal. Vol. 16, No. 4, 1979: 347-350.
- SIMON, Herbert A. Models of man, social and rational. New York: John Wiley & Sons, 1961. 287 p.
- SMITHER. "Specification and estimation of causal models in social psychology". En: Journal of Personality and Social Psychology. Vol. 36, No. 1, 1978: 34-38.
- STONE, Richard. Mathematics in the social sciences and other essays. London: Chapman and Hall Ltd., 1966. 291 p.
- STROBOL, W. Matemática. Diccionario Rioduero. Madrid: Ediciones Rioduero, 1977. 222 p.
- SUPPES, Patrick. A probabilistic theory of causality. Helsinki: North-Holland Pub. Co. Amsterdam, 1970. (Acta Philosophica Fennica, Fasc. XXIV).
- WALBERG, H.G. (Ed.). Educational environments and effects. Evaluation, policy and productivity. California: McCutchan Pub. Co., 1979. 419 p.
- WALLIS, Kenneth. Introducción a la econometría; tr. Carlos Romero; 2a. ed. Madrid: Alianza Editorial, 1979. 215 p. (Alianza Universidad, 159).

- WARTOFSKY, Marx. Introducción a la filosofía de la ciencia; tr. Magdalena Andreu, F. Carmona y U.S. de Zavala; 2a. ed. Madrid: Alianza Editorial, 1976. 2 vol. (Alianza Universidad, 38 y 39).
- WASIK, J.L. The use of mathematical models of student flow in educational planning: a review and critique. DASP. Planning Paper No. 3, 1975. 58 p.
- WHITE, A.R. (Ed.). La filosofía de la acción; tr. Sonia Block Sevilla. México: F.C.E., 1976. 242 p. (Breviarios, 246).
- WILLSON, V. "Research techniques in AERJ articles: 1969-1978". En: Educational Researcher. Vol. 9, No. 6, 1980: 5-10.
- WOLFLE, Lee M. Strategies of path analysis. 1978. 37 p. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association.
- WRIGHT, George Henrik von. Explicación y comprensión; tr. Luis Vega R. Madrid: Alianza Editorial, 1979. 198 p. (Alianza Universidad, 257).

## Contenido

Página

## INTRODUCCION.

1.	LA CAUSALIDAD.	1
1.1	Sobre la noción de causa.	3
1.2	Enfoques metodológicos para explicar la causalidad.	15
1.2.1	Enfoque aristotélico de las cuatro causas.	16
1.2.2	Enfoque de la regularidad de las causas y efectos.	18
1.2.3	Enfoque activista de las causas.	27
1.2.4	Enfoque de las condiciones necesarias y suficientes.	29
1.2.5	Enfoque probabilista de la causalidad.	32
1.3	La causalidad: un principio básico de la ciencia.	37
2.	LA MODELACION CAUSAL.	40
2.1	Concepto de modelo causal.	41
2.2	Tipos de modelos causales.	47
2.2.1	Modelos recurrentes o jerárquicos.	48
2.2.2	Modelos no recurrentes o no jerárquicos.	50
2.2.3	Modelos de bloque.	53
2.2.4	Modelos recurrentes de bloque (Partitivos).	56
2.3	Elementos para el diseño y formulación de los modelos causales.	58
2.3.1	La formulación verbal.	61
2.3.2	La formulación matemática.	63
2.3.2.1	El diagrama de trayectorias.	64
2.3.2.2	Desarrollo del cálculo matemático.	69
2.4	Aplicaciones básicas de los modelos causales en las ciencias sociales.	81
2.4.1	Los modelos causales en la economía.	84
2.4.2	Los modelos causales en la sociología.	89

3. LOS MODELOS CAUSALES EN LA INVESTIGACION PEDAGOGICA.	93
3.1 Aplicaciones de la modelación causal para el desarrollo de la investigación pedagógica.	96
3.2 Los modelos recurrentes en la investigación pedagógica.	108
3.3 Los modelos no recurrentes en la investigación pedagógica.	119
3.4 Areas de aplicación.	124
3.5 Alcances y limitaciones.	130
4. ANALISIS CRITICO SOBRE EL USO DE MODELOS MATEMATICOS.	134
4.1 Los modelos causales en la investigación pedagógica.	141
4.2 Lineamientos metodológicos para un estudio causal de la educación.	148
CONCLUSIONES.	159
OBRAS CONSULTADAS.	162