

RELACIONES DE CAUSALIDAD ENTRE VARIABLES: ORIGEN Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL ANÁLISIS PATH.

Gregoria Mateos-Aparicio^(a); Adolfo Hernandez Estrada^(b); Elena Martínez Rodríguez^(c)

Universidad Complutense de Madrid.

Departamento de Estadística e Investigación Operativa II.

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Edificio 1, Dº 225

Campus de Somosaguas. 28223 Pozuelo de Alarcón (Madrid).

Teléfono: 650 933 338

^(a) goyi7@ccee.ucm.es; ^(b) a.hernandez@emp.ucm.es; ^(c) emartinez@ccee.ucm.es

1. Introducción

Estudiar la historia de distintos métodos y análisis estadísticos permite, por una parte, revivir el contexto de su creación, junto con los problemas sociales y metodológicos que inicialmente tratan de resolver, y por otra, proporciona un punto de vista desde el que interpretar y evaluar su evolución y los usos modernos mediante la comparación con el objetivo original. Al proponer en este trabajo un recorrido histórico del Análisis Path, describiendo sus orígenes y evolución y analizando sus conexiones con otras técnicas estadísticas, creemos que es posible comprender y justificar las diferentes aplicaciones que diversos autores, desde varias ramas de conocimiento, han hecho de este método a lo largo del siglo XX.

El estudio de la evolución del Análisis Path, o análisis de trayectoria o de ruta (términos que utilizaremos indistintamente a lo largo de nuestro trabajo) y su ámbito de aplicación en las ciencias sociales, evidenciará que existen diferencias notables entre el Análisis Path realizado por su autor, Sewall Wright, y las numerosas interpretaciones y usos que de este análisis se hacen en la actualidad, aunque el procedimiento matemático apenas haya sufrido cambios. Por otra parte, el estudio histórico nos permitirá entender la asociación entre el Análisis Path y los modelos de causalidad. Basta con consultar

manuales de estadística aplicada¹ o leer diversos textos científicos² en los que se aplica este método, para observar cómo se introduce el estudio del Análisis Path en el contexto de una discusión sobre la relación de causalidad entre variables, cuando en realidad, este método estadístico lo que permite es constatar la sustentabilidad del modelo causal previamente formulado por el investigador. Remontarnos al contexto en el que se originó, proporcionando una interpretación histórica de los primeros trabajos de Wright, y evaluar el trabajo de los autores que en distintas disciplinas siguieron a Wright, nos ayudará a encontrar las razones históricas de por qué el Análisis Path está vinculado a los modelos de causalidad.

2. Sewall Wright: el origen del Análisis Path.

Sewall Wright es uno de los primeros autores, junto con R. Fisher y J. B. Haldane, de estudios de genética en poblaciones. Aunque los biólogos le consideran como un formidable matemático, su amigo y compañero James F. Crow (Crow, J.F., 1988, p. 2) se refiere a él como un autodidacta que nunca tuvo una formación superior en matemáticas más allá de las enseñanzas de su padre y su propio aprendizaje, lo que no le impidió realizar grandes aportaciones en el campo de la genética utilizando las matemáticas y la estadística³

En 1911, Sewall Wright se graduó en biología en la Universidad de Illinois. En ese mismo año conoció a William Castle, del Instituto Bussey de la Universidad de Harvard, al acudir a una conferencia que el profesor Castle impartió sobre genética. Éste es un momento crucial en la vida y obra científica de Wright, ya que aquí nace su interés por la genética y, en concreto, por la evolución de los conejillos de indias. En 1912, Castle contrata a Wright como ayudante, incorporándose éste a la Universidad de Harvard, donde leyó su tesis doctoral sobre los colores del pelaje de los conejillos de indias. En 1915 empezó a trabajar en la División de Ganadería del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

¹ Por ejemplo véase Anderson, Tatham y Negro (1998), Bisquerra (1989), Schumacker y Lomax (2004) o Tabachnick y Fidell (2001) entre otros.

² Díez Medrano (1992), Lévy Mangin (1999). por citar sólo algunos.

³ Además del análisis path, objeto de este artículo, demostró matemáticamente las distribuciones estadísticas de magnitudes tan relevantes en genética como la tasa de mutación, la tasa de migración o la intensidad de selección, entre otras muchas aportaciones.

La primera vez que Sewall Wright utilizó el Análisis Path fue en 1918, en el artículo titulado "*On the Nature of Size Factors*". Utilizando los resultados publicados por el profesor Castle en 1914, quien calculó las correlaciones entre las medidas de distintos tipos de huesos de varios conejos, Wright propone un método que permite estimar el grado en que un efecto es determinado por una serie de causas. El propio autor explica así el motivo de su trabajo:

“En un artículo reciente sobre la herencia de la estatura en el hombre, Davenport (1917) habla de la importancia relativa de los factores que afectan a al crecimiento del cuerpo como un todo y los factores que afectan sólo de forma particular a las partes. Según sus datos, llega a la conclusión de que el segundo es más importante. Cita los resultados de Castle y de Pearson cuyas conclusiones eran opuestas. El presente trabajo es un estudio en el que se utilizan los resultados del profesor Castle para ilustrar el método de análisis diseñado, así como para llegar a ciertas conclusiones” (Wright, S. 1918, p. 367)

En la primera parte de su artículo, Wright utiliza las mismas mediciones que Castle⁴ para calcular, a partir de la fórmula de Pearson, las correlaciones entre las medidas de distintos huesos del conejo cuando considera que una, dos o tres de estas mediciones permanecen constantes. Los resultados obtenidos los resume en una tabla en la que incluye, en la primera columna, las correlaciones calculadas por Castle. El análisis de esta tabla permite a Wright, en primer lugar, apoyar la tesis de Castle sobre la gran importancia de los factores generales de crecimiento en esta población de conejos frente a los factores que afecta únicamente a las partes y, en segundo lugar, presentar un método para estimar la importancia relativa de diferentes tipos de factores de crecimiento. Para ello, el autor realiza un análisis similar, partiendo de la proposición que pasamos a exponer.

Sean dos efectos, X e Y, cuyas causas comunes se identifican por A, B, C y las causas que afectan tan sólo a cada uno de ellos por M y N respectivamente, considerando que estas causas son independientes entre sí. La tabla 1⁵ reproduce la tabla

⁴ Estas mediciones fueron tomadas por MacDowell en 1914 y publicadas en su estudio de la herencia de tamaño en conejos.

⁵ Wright 1918, página 370.

que el autor utiliza para enunciar la proposición en la que fundamenta su análisis. Las letras a, b, c representan la proporción de la variación de X determinado por estas causas y a^1 , b^1 y c^1 las proporciones en el caso de Y

Efectos	Causas				
	A	B	C	M	N
X	a	b	C	m	
Y	a^1	b^1	c^1		n^1

Tabla 1

Por tanto:

$$a + b + c + m = 1$$

$$a^1 + b^1 + c^1 + n^1 = 1$$

El grado en el que una causa determina la variación en un efecto se mide a través de la proporción de la varianza correspondiente a dicha causa. Esto se deduce de la afirmación de que la varianza debida a causas que afectan tan sólo a un efecto se puede calcular por adición a partir de una matriz de varianzas en las que todas las causas están actuando, siempre y cuando las causas sean mutuamente independientes:

$$\sigma_{A+B+C}^2 = \sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \sigma_C^2$$

Por lo que respecta a la correlación entre X e Y, se puede expresar como:

$$r_{xy} = \pm\sqrt{aa^1} \pm \sqrt{bb^1} \pm \sqrt{cc^1}$$

El signo de los términos dependerá del sentido en el que se produce el efecto en X e Y, de forma que será positivo si es en el mismo sentido y negativo si es en sentido opuesto.

Para aplicar esta proposición utiliza los mismos datos que en la primera parte del artículo, lo que le permite, no sólo ratificar las conclusiones a las que previamente ha llegado (apoyando las conclusiones de Castle), sino tener un marco de referencia que avale la aplicación de su método. En ninguna parte de este trabajo Wright utiliza los términos coeficientes path, análisis path, ni tampoco hay diagramas que ilustren las

relaciones entre los distintos factores. Para ello hay que esperar hasta el artículo publicado en 1920, *The relative importance of heredity and environment in determining the piebald pattern of guinea-pigs*.

En esta época, como ya mencionamos con anterioridad, Wright trabajaba en la División de Ganadería del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, donde se llevaba a cabo un experimento sobre los efectos de la endogamia en conejillos de indias. En 1906 se formaron 26 familias que se consiguieron mantener gracias al apareamiento de hermanos con hermanas, al tiempo que se mantenía una población de control sin apareamiento entre los miembros del mismo grupo. Uno de los rasgos observados a lo largo del experimento fue la variación del color en cada grupo y el patrón que seguía. Para determinar la causa de estas variaciones en el color del pelo de los animales, consideraron conveniente evaluar la importancia relativa de la herencia y de los factores medioambientales.

Aunque diversos autores⁶ consideran que su obra fundamental respecto al Análisis Path es sin duda la publicada en 1921⁷, en este artículo sobre el color del pelo de los conejillos de indias, Wright profundiza en la nueva metodología esbozada en el artículo de 1918, por primera vez utiliza el término *coeficiente path*, indicando el procedimiento de cálculo así como su interpretación, y, también por primera vez, realiza dos diagramas ilustrativos para el método de los coeficientes de trayectoria, y que reproducimos en las figuras 1 y 2⁸:

En el primero de estos diagramas (Figura 1) representa las relaciones entre los individuos, los factores comunes y los factores individuales que afectan a cada individuo: *H* (herencia), *E* (entorno común para compañeros de camada antes del nacimiento) y *D* (el residuo, en gran parte la irregularidad en el desarrollo). En letras minúsculas, y asociados a cada trayectoria, representa los coeficientes que miden el grado de determinación de cada uno de estos factores.

⁶ Denis, D.J; Legerski, J., 2006; Bollen, 1989

⁷ Wright, S. (1921). Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, 20, 557-585.

⁸ Wright, 1920, páginas 228 y 229

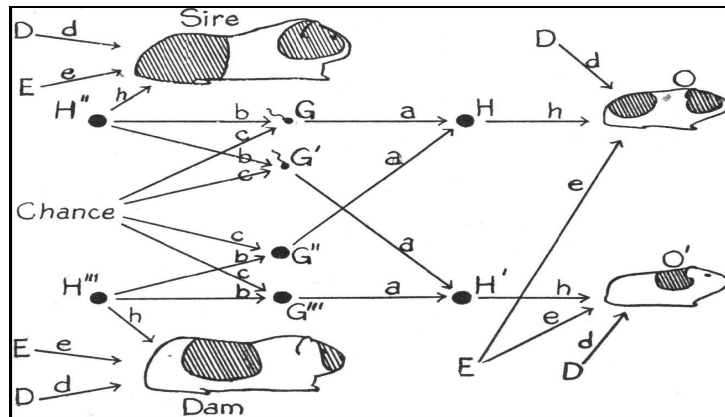


Figura 1. Reproducción figura 5 de Wright (1920)

El segundo diagrama (Figura 2) ilustra un ejemplo en el que dos efectos (X e Y) son determinados por causas independientes (A y B) y por causas comunes correlacionadas (B y C), que representa unidas por una flecha de doble sentido.

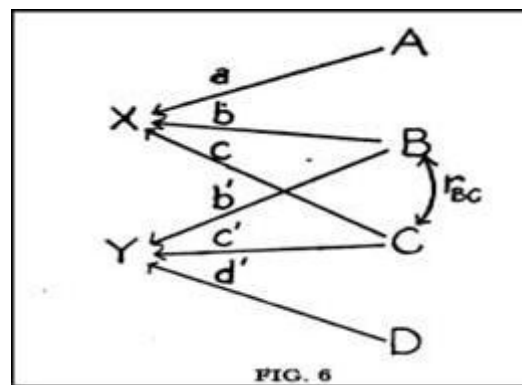


Figura 2. Reproducción figura 6 de Wright (1920)

Sobre cada ruta aparecen, en minúscula, los coeficientes path, que define como:

“la proporción de la variabilidad de los efectos que se encuentra cuando todas las causas son constantes, excepto la que nos ocupa, respecto a la variabilidad total. La variabilidad se mide por la desviación estándar”. (Wright, 1920, p. 329)

Basándose en esta definición, Wright propone un método para calcular los valores de los coeficientes path. En primer lugar, afirma que se puede demostrar que los cuadrados de los coeficientes path miden el grado de determinación para cada una de las causas. Si las causas son mutuamente independientes, la suma de los coeficientes de trayectoria al cuadrado será igual a la unidad, pero si las causas están relacionadas como en el ejemplo propuesto, X estará totalmente determinado por los factores A, B, C y la

correlación entre los factores B y C, lo que expresa por la ecuación (1) (Wright, 1920, p.329) :

$$a^2 + b^2 + c^2 + 2bc r_{BC} = 1 \quad (1)$$

A continuación define la relación que existe entre los coeficientes de correlación y los coeficientes path: *“Se puede demostrar que la correlación entre dos variables equivale a la suma de los productos de las cadenas de coeficientes de trayectoria a lo largo de todos los caminos por los que están conectados”*. (Wright, 1920, p.330). Considerando el ejemplo que propone (reproducido en la figura 2), el coeficiente de correlación entre X e Y se expresa a través de la ecuación:

$$r_{xy} = bb' + cc' + br_{BC}c' + cr_{BC}b' \quad (2)$$

De esta forma, en un sistema de causas y efectos, los coeficientes path se pueden calcular si existe un número suficiente de ecuaciones del tipo (1) que expresan la determinación de los efectos considerando todas sus causas, y del tipo (2) que expresan las correlaciones conocidas en términos de los coeficientes path desconocidos.

La relevancia de este artículo de Wright no reside únicamente en las cuestiones relacionadas con la metodología del análisis path que, como hemos visto, comienza a formalizar en este trabajo, sino que también se debe a que Wright sienta las bases de cómo se debe utilizar esta metodología. El autor es consciente, ya desde los inicios, de las limitaciones de esta nuevo método a la hora de hacer afirmaciones causales; de hecho, comienza el artículo afirmando: *“parecía conveniente encontrar la importancia relativa de la herencia y los factores ambientales como un suplemento a los intentos más directos para determinar la causa de estas variaciones en el patrón”* (Wright, 1920, p. 321).

En este sentido, Denis y Legerski⁹ afirman que la intención de Wright es que si el investigador es capaz de plantear un sistema de causas y efectos, utilizando las correlaciones entre las variables, se podría deducir las cantidades implícitas en cada

⁹ Denis, D.J; Legerski, J. (2006). Origins of Path Analysis: Causal Modeling and the Origins of Path Analysis. Theory and Science.

trayectoria causal. El marco ideal de trabajo sería definir un sistema cerrado¹⁰ en el que se puedan estudiar las relaciones entre las variables, de forma que la idea de la causalidad sólo debe aplicarse en aquellas relaciones que previamente se hayan justificado como relación causal; en este contexto, los coeficientes path tratan de determinar la importancia de cada trayectoria causal.

3. Correlación y causalidad: el debate entre Wright y Niles.

La siguiente obra de Wright sobre el análisis path fue el artículo *Correlation and causation*, publicado en 1921. Como anécdota señalar que en principio fue rechazado, publicándose posteriormente gracias a la intercesión de su colega Collins (Crow, J. F. 1988, p.3). Con este artículo Wright consolida la metodología del análisis path que ya había esbozado en los artículos anteriores, y expone los supuestos necesarios para su aplicación, provocando la crítica de Niles e iniciando un intercambio de respuestas, como veremos más adelante.

Wright comenzó el artículo explicando por qué las correlaciones simples no eran suficientes para el tipo de modelo que estaba considerando:

“El método ideal de la ciencia es el estudio de la influencia directa de un estado a otro en experimentos en los que todas las otras posibles causas de la variación se eliminan. Por desgracia, las causas de la variación a menudo parecen estar fuera de control....El grado de correlación entre dos variables se puede calcular por métodos bien conocidos, pero cuando se encuentra el resultado total es superior al resultado considerando todas las rutas conectadas.....El presente documento es un intento de presentar un método para medir la influencia directa a lo largo de cada ruta por separado en un sistema y, por lo tanto, de encontrar el grado de variación en que un efecto dado es determinado por cada una de las causas. El método depende del conocimiento que se tenga sobre las relaciones causales. En los casos en que las relaciones causales no se hayan establecido, el método se puede utilizar para encontrar las consecuencias lógicas de una hipótesis particular formulada sobre dichas relaciones.” (Wright, 1921, p. 557).

¹⁰ La idea de sistema cerrado se debe a las condiciones que Wright plantea en la ecuación (1) y que él mismo demuestra con posterioridad en el artículo publicado en 1921.

A partir de esta idea, el autor expone los dos requisitos para poder calcular el grado de variación de un efecto determinado por cada causa particular: en primer lugar la presunción del conocimiento de las relaciones causales entre las variables introducidas en el sistema., y, en segundo lugar, el conocimiento de las correlaciones entre tales variables

En cuanto a la presunción del conocimiento de las relaciones causales, el autor propone dos situaciones distintas que darían lugar a dos interpretaciones posibles de los coeficientes path. En el primer caso se plantea un sistema causal, de forma que el análisis path se utiliza para cuantificar los grados de causalidad asumida en relación con el sistema. Por ejemplo, en el caso sobre la herencia del color en los conejillos de indias, publicado en su artículo de 1920, se supuso que el tono de color de los conejillos era causado por la herencia y el medio ambiente, por tanto los coeficientes de trayectoria se pueden interpretar como la asignación de peso a las diferentes rutas causales.

Un segundo caso serían aquellas situaciones en que las relaciones causales son inciertas, de forma que el método de los coeficientes de trayectoria podría utilizarse para deducir las consecuencias lógicas inherentes al sistema. Es decir, si inicialmente no se puede asumir la causalidad entre las variables, el análisis path podría identificar, en cierto sentido, las trayectorias causales. Wright aclara que "consecuencia lógica" no equivale a causalidad asumida, sino que simplemente se refiere a las implicaciones de los coeficientes path asociados a varios caminos en un sistema de correlación. De hecho señala que el método de coeficientes de trayectoria será más útil si se puede a priori asumir las relaciones de causalidad entre las variables.

En este mismo año Henry Niles, de la Universidad Johns Hopkins, publicó una respuesta crítica a la obra de Wright, en la que argumenta que el método que Wright propone no podía ser útil, ya que en un sistema no se puede establecer a priori la causalidad. Niles afirma:

La falacia básica del método parece ser el supuesto de que es posible establecer a priori un sistema gráfico relativamente sencillo que realmente representan las líneas de acción de diversas variables entre sí, y en un resultado común.....El procedimiento matemático en el que se sustenta aparentemente es impecable en el

sentido de la manipulación algebraica, pero se basa en supuestos que son totalmente injustificables desde el punto de vista de la realidad concreta. (Niles, 1922, p. 261-264).

Wright responde a Niles en un nuevo artículo que ve la luz en 1923, en el que afirma que el método de coeficientes de trayectoria nunca fue propuesto para abordar los problemas de una realidad concreta:

“El escritor nunca ha hecho la absurda afirmación de que la teoría de los coeficientes de trayectoria ofrece una fórmula general para la deducción de las relaciones causales. Él desea señalar que la combinación del conocimiento de las correlaciones con el conocimiento de las relaciones causales, para obtener ciertos resultados, es una cosa diferente de la deducción de las relaciones causales de las correlaciones implícitas en la declaración de Niles. El conocimiento previo de las relaciones causales se asume como un requisito previo en el caso anterior. Si tal conocimiento es siempre posible parece ser el tema de la discusión filosófica de Niles sobre la naturaleza de la causalidad.”
(Wright, 1923, p. 240).

De nuevo la respuesta de Niles no tardó en llegar. En ese mismo año publica *The method of path coefficients: An answer to Wright*, con el que pretende aclarar el objeto de la controversia entre los dos autores. Niles afirma que él no admite los supuestos preliminares requeridos para aplicar el análisis path, pero que nunca ha cuestionado la metodología matemática en la que se fundamenta el método, que considera suficientemente sólida. Sobre esta idea vuelve a incidir en otra publicación posterior: *"Yo nunca he atacado las matemáticas del método de coeficientes de trayectoria, porque parece lo suficientemente sólida cuando los supuestos preliminares sobre la base del método están garantizados, pero no creo que lo estén"* (Niles, 1923, p. 256).

La esencia del debate entre ambos científicos gira en torno a las relaciones de causalidad: Wright presentaba un método por el cual si un sistema es causal, o puede presuponerse la relación de causalidad entre sus variables, se puede calcular el peso que tiene cada causa en un determinado efecto. Para Niles el método de los coeficientes path es incompatible con la noción científica de causalidad, sin discutir su fundamentación

matemática. El debate entre Wright y Niles terminó en una tregua, sin que los dos autores acercaran posturas. Sin embargo, el desacuerdo sobre la validez del método y su relación con los modelos causales sigue hoy tan vigente como en el intercambio Wright-Niles.

4. El Análisis Path después de Wright.

4.1 El trabajo de Burks (1928)

De acuerdo con Wolfle (2003), la primera aplicación del análisis path después de Wright se debe a Burks, también en el campo de la genética. En 1928 publicó un artículo¹¹ en el que utiliza el análisis path para calcular la influencia relativa que la inteligencia de los padres y el medio ambiente tienen en la determinación del coeficiente intelectual de los niños (IQ). Su objetivo era rastrear la influencia de la inteligencia de los padres en la inteligencia de los niños excluyendo la influencia del medio ambiente. La figura 3 reproduce el diagrama que utiliza para representar su modelo. Respecto a este diagrama, el autor afirma: "*Las direcciones de las flechas indican la relación de las variables con respecto a la causa, efecto y posibles acción recíproca* " (Burks, 1928, p. 300). Esto es, Burks parte de la hipótesis de que la inteligencia de los padres contribuye, como causa parcial, a la inteligencia de los niños y, en este sentido, considera que su estudio representa una situación idónea para el uso del análisis de ruta. En una nota a la presentación del análisis path, Burks apoya la idea

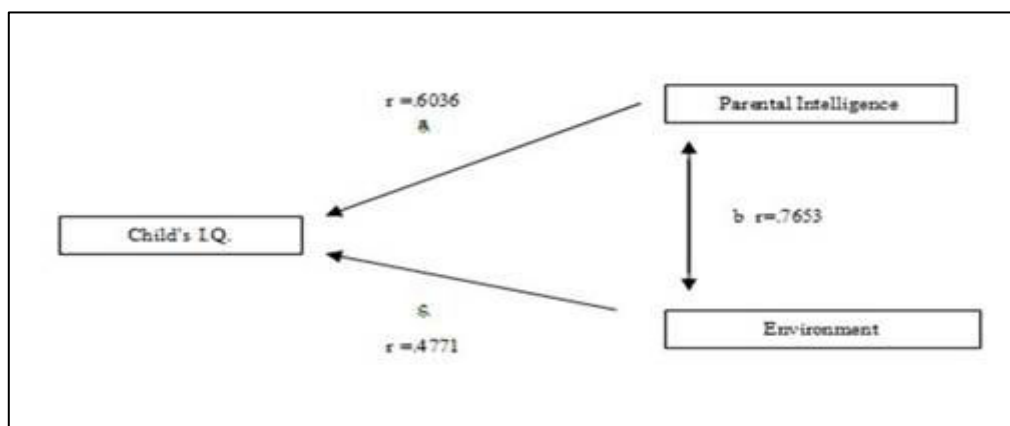


Figura 3. Diagrama Path de Burks.

¹¹ Burks, B. S. 1928. The relative influence of nature and nurture upon mental development: A comparative study of foster parent-foster child resemblance and true parent-true child resemblance. The Twenty-Seventh Yearbook of the National Society for the Study of Education, 27, 219-316

original de Wright de que la causalidad debe ser considerada como independiente del método estadístico, al tiempo que propone la interpretación que considera correcta sobre los coeficientes path:

“El método [de los coeficientes path] no puede, por sí mismo, descubrir lo que es causa y lo que es efecto, aunque en ausencia de conocimiento respecto a las relaciones causales entre las variables, el método puede utilizarse para determinar las consecuencias lógicas de cualquier hipótesis sobre dicha relación causal” (Burks, 1928, p. 299).

“El coeficiente path representa, en primer lugar, el camino directo entre la influencia de la inteligencia de los padres y el coeficiente intelectual del niño y, en segundo lugar, el porcentaje de la varianza de IQ atribuible a la inteligencia de los padres” (Burks, 1928, p. 300).

Como vemos Burks reproduce las ideas fundamentales de Wright, hasta tal punto que podríamos considerar este artículo como un tutorial sobre el uso correcto de la aplicación del análisis path.

4.2 Aplicación del Análisis Path en el campo de la sociología. (Década de los 60)

Después del artículo de Burks hay que esperar más de 30 años para encontrar nuevos trabajos científicos en los que sus autores apliquen el análisis path, en concreto, nos referimos a los sociólogos Otis Duncan, Hodge Robert y Blalock. Los dos primeros, Duncan y Hodge¹², se interesaron por la evaluación de las posibles causas de la movilidad profesional, presentando el primer estudio empírico en el que se aplica el análisis path en el campo de la sociología, utilizando para ello la información proporcionada por una muestra de individuos tomada en 1951.

Las variables que introdujeron en su modelo fueron: el trabajo del padre (Fa. Occ.), la educación (Educ.), medida en el número de años que asisten al colegio, la ocupación que tenía en 1940 (1940 Occ.) y la ocupación en 1950 (1950 Occ.). Los autores no dejan lugar a dudas sobre la relación de causalidad entre las variables consideradas: *“Los caminos causales que concebimos, basándonos en los datos*

¹² Duncan, O. D., & Hodge, R. W. (1963). Education and occupational mobility: A regression analysis. *The American Journal of Sociology*, 68, 629-644.

estadísticos, se recogen en la figura (reproducida en la figura 4) donde las variables están ordenadas según su secuencia temporal” (Duncan y Hodge, 1963, p. 632).

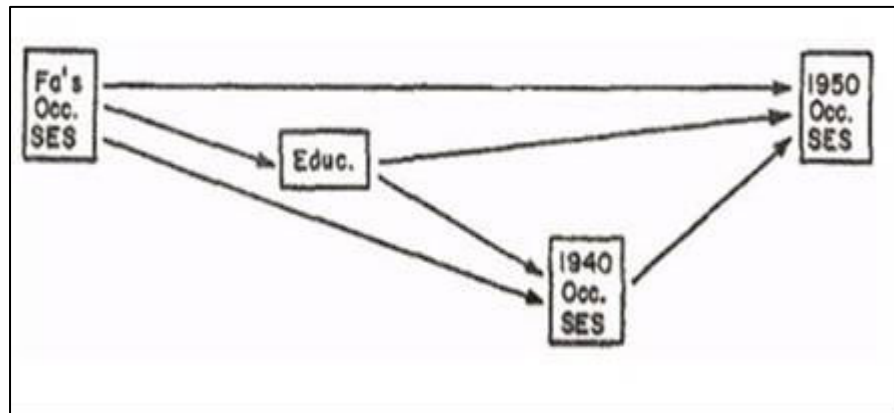


Figura 4. Hipótesis del modelo de Duncan y Hodge

Pero quizá el trabajo más importante en esta década fue el realizado por Hubert M. Blalock (1926-1991). En su libro *Causal inferences in nonexperimental research*, publicado en 1964 y considerado un clásico en el campo sociológico¹³, Blalock promueve la correlación espúrea, en la misma línea propuesta por Simon¹⁴, indica los métodos para hacer inferencia causal a partir de datos correlacionados, al tiempo que esboza los problemas que existen en la confirmación de relaciones causales entre variables. También en este libro, su autor hace explícita la necesidad de que en los diseños experimentales, tanto las relaciones de causalidad como la correlación estén precedidas de una serie hipótesis formuladas a priori.

Como vemos, Blalock no está únicamente interesado en establecer la causalidad entre las variables, también es muy consciente de que la teoría previa es fundamental en la utilización de métodos de análisis causal: "*Tenemos que comenzar con un número finito de variables especificadas..... y en cuanto a exactamente qué variables incluir en el sistema antes de tomar esta decisión sería necesaria una buena dosis de pensamiento y de investigación..... Una vez tomada, tenemos que limitarnos a estas variables explícitas*" (Blalock, 1964, p. 15).

¹³ Según Wolfe (2003) esta fue una de las publicaciones más influyentes en la introducción de modelos causales en la sociología.

¹⁴ Simon, H. A. (1957).

4.3. El Análisis Path y los Modelos de Ecuaciones estructurales (Década de los 70)

Una vez observado por sociólogos como Blalock y Duncan, el método de coeficientes path pronto se extendió a otras áreas de las ciencias sociales (Blalock, 1991), incluyendo la economía y ciencias políticas. Según Bollen (1989), el trabajo de Jöreskog (1973), Keesling (1972), y Wiley (1973) sobre el desarrollo de los modelos de ecuaciones estructurales, desempeñó un papel importante en la popularización de los métodos de análisis path. Su logro fue esencialmente la combinación de elementos del análisis de rutas con elementos del análisis factorial. De hecho, de la conjunción de los planteamientos del análisis factorial y del análisis path se dedujo la base de modelos de ecuaciones estructurales, en los que se incorpora el error de medida y las relaciones entre variables latentes (Mateos, G., 2009).

5. Conclusiones.

El estudio sobre el origen y desarrollo del análisis path nos ha permitido analizar su vínculo con los modelos causales. A pesar de las numerosas contribuciones de su autor, Sewall Wright, para que el análisis de rutas no fuera considerado como un modelo causal, esta técnica estadística ha estado siempre vinculada con las relaciones de causalidad entre variables. Como hemos visto, el origen de este análisis está ligado a un modelo en el que la relación de causalidad entre las variables está presente. El redescubrimiento de esta técnica por sociólogos en la década de los 60, vincula de nuevo el análisis path con los modelos causales, ya que se aplica en estudios en los que se presupone la definición de todas las causas de un efecto, así como la dirección de las relaciones entre las variables.

A partir de la década de los 70, resulta interesante observar que un número cada vez mayor de autores relacionados con los modelos de ecuaciones estructurales, recomienda una separación clara del análisis de rutas de las cuestiones de causalidad y de los modelos de causalidad, afirmando que, a pesar de que las hipótesis que subyacen en el desarrollo del modelo puede ser de naturaleza causal, la evaluación del ajuste de un modelo no proporciona una base para la inferencia causal.

Como podemos ver, el debate que hace más de siete décadas mantuvieron Wright y Niles sigue abierto.

BIBLIOGRAFÍA

Bisquerra, R. (1989). Introducción conceptual al análisis multivariable. Vol. II, PPU, Barcelona.

Blalock, H. M. (1961). Correlation and causality: The multivariate case. *Social Forces*, 39, 246-251.

Blalock, H. M. (1964). Causal inferences in nonexperimental research. Chapel Hill: University of North Carolina Press.

Blalock, H. M. (1991). Are there really any constructive alternatives to causal modeling? *Sociological Methodology*, 21, 325-335.

Bollen, K. (1989). Structural equations with latent variables. New York: Wiley.

Burks, B. S. (1928). The relative influence of nature and nurture upon mental development: A comparative study of foster parent-foster child resemblance and true parent-true child resemblance. *The Twenty-Seventh Yearbook of the National Society for the Study of Education*, 27, 219-316.

Castle, W. E. (1914). The nature of size factors as indicated by a study of correlation. *Carnegie Institute of Washington Publications*, 196, 51-55.

Crow, J. F. (1988). Sewall Wright (1889-1988). *Genetics Society of America*, 119, 1-4.

Davenport, C. B. (1917). Inheritance of stature. *Genetics*, 2, p. 313-389.

Denis, D.J; Legerski, J. (2006). *Origins of Path Analysis: Causal Modeling and the Origins of Path Analysis. Theory and Science.*

Díez Medrano, J. (1992). Métodos de análisis causal. *Cuadernos Metodológicos, CIS, Madrid.* p .61.

Duncan, O. D; Hodge, R. W. (1963). Education and occupational mobility: A regression analysis. *The American Journal of Sociology*, 68, 629-644.

Jöreskog, K. G. (1973). A general method for estimating a linear structural equation system. In A. S. Goldberger & O. D. Duncan, (Eds.), *Structural Equation Models in the social sciences* (p. 85-112). New York: Academic Press.

Lévy Mangin, J.P. (1999). *Modelización con Ecuaciones Estructurales y Variables Latentes*. CD-ROM, Colección Universidad, Editorial Erica, 217-218.

MacDowelle, C. (1914). Size inheritance in rabbits. *Carnegie Inst. Wash. Publ.* n° 196, 7-49.

Mateos Aparicio-Morales, G. (2009). Los modelos de ecuaciones estructurales: una revisión histórica sobre sus orígenes y desarrollo. V Congreso Internacional la Historia de la Estadística y de la Probabilidad, Santiago de Compostela, 17-18 septiembre.

Niles, H. E. (1922). Correlation, causation and Wright's theory of "path coefficients." *Genetics*, 7, 258-273.

Niles, H. E. (1923). The method of path coefficients: An answer to Wright. *Genetics*, 8, 256-260.

Wolfe, L. M. (2003). The introduction of path analysis to the social sciences, and some emergent themes: An annotated bibliography. *Structural Equation Modeling*, 10, 1-34.

Wright, S. (1918). On the nature of size factors. *Genetics*, 3, 367-374. Wright, S. (1920). The relative importance of heredity and environment in determining the piebald pattern of guinea-pigs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 6, 320-332.

Wright, S. (1921). Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, 20, 557-585.

Wright, S. (1923). The theory of path coefficients: A reply to Niles's criticism. *Genetics*, 8, 239-255.

Wright, S. (1934). The Method of Path Coefficient. *The Annals of Mathematical Statistics*, vol 5, n° 3. 161-215.