

**Análisis de senderos
en relaciones causales multivariadas
y desarrollo del razonamiento
estadístico**

Juan de Dios Hernández Garza

Análisis de senderos en relaciones causales multivariadas
y desarrollo del razonamiento estadístico
Juan de Dios Hernández Garza

Primera edición, 27 de mayo de 2022

© Derechos reservados por la Universidad Pedagógica Nacional
Esta edición es propiedad de la Universidad Pedagógica Nacional, Carretera al Ajusco
núm. 24, col. Héroes de Padierna, Tlalpan, CP 14200, Ciudad de México
www.upn.mx

Esta obra fue dictaminada por pares académicos.
ISBN Obra Completa: 978-607-413-337-0
ISBN Volumen 978-607-413-456-8

F
QA276.18
H4.2

Hernández Garza, Juan de Dios
Análisis de senderos en relaciones causales multivariadas y desarrollo del
razonamiento estadístico / Juan de Dios Hernández Garza. – Ciudad de México :
UPN, 2022.
1 archivo electrónico (25 p.) ; 1 MB ; archivo PDF : gráfs., tablas. –
(Fascículos a 40 años de la UPN)

ISBN Obra Completa: 978-607-413-337-0
ISBN 978-607-413-456-8

1. ESTADÍSTICA – ESTUDIO Y ENSEÑANZA (SUPERIOR) I. t. II. Serie

Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra, por cualquier medio,
sin la autorización expresa de la Universidad Pedagógica Nacional.

HECHO EN MÉXICO.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
Dificultades en el aprendizaje de la Estadística	6
Propuestas presentadas por docentes y especialistas encaminadas a superar las dificultades en la enseñanza de la estadística	7
EXPERIENCIAS DOCENTES	9
Objetivos operativos.....	9
El modelo de Análisis de senderos.....	9
DESARROLLO.....	10
Primera sesión	10
Segunda sesión	14
Tercera sesión	16
INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN	18
Objetivos.....	18
Actividades	18
Descripción del instrumento	20
Aplicación	21

ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	21
Primera pregunta	21
Segunda pregunta.....	22
CONCLUSIONES	23
Generales.....	23
Sobre los objetivos de la propuesta del uso de Análisis de senderos.....	23
Comentario final	24
BIBLIOGRAFÍA	24

ANÁLISIS DE SENDEROS EN RELACIONES CAUSALES MULTIVARIADAS Y DESARROLLO DEL RAZONAMIENTO ESTADÍSTICO

*Juan de Dios Hernández Garza**

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se reporta la importancia que tienen los modelos explicativos multivariantes, como una herramienta invaluable para tomar decisiones y cuantificar los riesgos, lo que les daría sentido y funcionalidad en las diferentes carreras del área de las ciencias sociales y en particular en la formación de los profesionales de la Psicología Educativa en la Universidad Pedagógica Nacional (UPN).

Batista y Coenders (2000) señalan que las ciencias sociales y del comportamiento carecen de medios para controlar experimentalmente la recolección de la información a fin de tener control sobre variables extrañas. Se puede utilizar el llamado control estadístico en situaciones como ésta. En estos estudios no experimentales las relaciones causales se infieren a partir de las relaciones observadas entre las variables objeto de estudio.

* Ingeniero Agrónomo por La Facultad de Agronomía de la UAT. Maestro en Educación Matemática por la UACPyP del CCH de la UNAM y Especialista en Estadística Aplicada por el IIMAS de la UNAM. Académico en la UPN Ajusco de las asignaturas: Matemáticas I y II, Estadística I y II, Seminario Optativo de Educación Matemática. Líneas de investigación: habilidades matemáticas y razonamiento estadístico.

Marzano y Zamora (2009) escriben que de acuerdo con su estructura y con las relaciones observadas entre las variables, existen varios tipos de modelos como los factoriales y el de trayectorias o senderos. En este modelo las relaciones lineales supuestas entre las variables se expresan matemáticamente por medio de ecuaciones estructurales.

En relación a los diferentes modelos causales explicativos, Rojo (1992) afirma que el método de análisis de senderos se relaciona principalmente con el análisis de datos no experimentales y con la ausencia consecuente de condiciones de control propiciada por el análisis experimental.

Se desea descubrir perspectivas del uso de los métodos estadísticos para mostrar a los estudiantes cómo dar un paso adelante en el caso de la dependencia lineal entre variables numéricas, de manera que no solamente conozcan el procedimiento estándar para encontrar la correlación entre dos variables numéricas; sino que, a partir de esta correlación, construyan varios modelos de regresión lineal ligados entre sí. Con este propósito se desarrollan ejemplos tomados de situaciones reales en investigaciones de relaciones multivariadas. Esta idea ha sido expresada por diversos autores (Gutiérrez, *et al.*, 2013) argumentando que es necesaria una metodología de enseñanza activa basada en la resolución de problemas estadísticos, publicados por investigadores, de manera que el alumno se encuentre ante casos similares a los que tendrá en su vida profesional. Posteriormente se aplica un cuestionario de evaluación y se describen los comportamientos estadísticos mostrados por los alumnos.

Dificultades en el aprendizaje de la Estadística

Del Pino y Estrella (2012) escriben que las dificultades que tienen los alumnos en el aprendizaje de la Estadística son del tipo conceptual, para ejemplificar esta situación mencionan la dificultad que tienen al pasar de los datos individuales a un comportamiento de conjunto, lo que se traduce en obstáculos para comprender tablas y gráficas.

Charría *et al.* (2005) señalan que la enseñanza de la Estadística es un tema que ha generado preocupación de un colegio de docentes e investigadores en el ámbito mundial. Al Respecto Behar y Grima (2001)

mencionan que, dada la importancia que esta área reclama en la formación de los universitarios, por las decisiones a las que se ven enfrentados diariamente y la relevancia que la Estadística reviste para la investigación, se considera que muchas de las dificultades de la apropiación de conceptos en la aplicación de los métodos estadísticos y finalmente en el uso adecuado de los mismos se debe a la falta de prácticas pedagógicas apropiadas para la superación de estas dificultades. Debido a que algunas instituciones y profesores sólo se han preocupado por presentar la Estadística como un curso más en el área de la Matemática y no han resaltado la verdadera importancia de una disciplina que tiene fundamentos matemáticos y es una invaluable herramienta para la toma de decisiones y la cuantificación de riesgos. Otra razón puede ser que la aleatoriedad y el indeterminismo se contraponen al pensamiento determinista de los alumnos, además de que muchas propiedades de los números utilizadas en Matemáticas no tienen aplicación en Estadística, por ejemplo, en el cálculo de la media aritmética no existe la propiedad asociativa ni el elemento neutro.

Propuestas presentadas por docentes y especialistas encaminadas a superar las dificultades en la enseñanza de la estadística

Behar y Grima (2001) proponen como objetivos relevantes para un curso el desarrollo de las siguientes competencias:

- Habilidad para ligar la Estadística con situaciones del mundo real
- Conocer los conceptos básicos de la Estadística
- Habilidad para sintetizar los componentes de un estudio estadístico
- Comunicar los resultados de una manera clara

Aunque existen diferencias en los cursos introductorios dependiendo de la disciplina específica a la cual se dirigen, la tendencia en las propuestas

que se realizan en las distintas publicaciones sobre enseñanza de la Estadística están orientadas a fortalecer el pensamiento estadístico, más que el aprendizaje de fórmulas y ecuaciones. Los contenidos de la teoría Estadística y de la Matemática se supeditan a la necesidad de fortalecer el entendimiento de una estrategia conceptual para la resolución de problemas contextualizados, reforzados con simulaciones que ilustren de una manera más vivencial el significado de la teoría (Behar y Grima, 2001).

Eudave (s.f.) menciona que las aportaciones de la Matemática y la Estadística en las ciencias sociales se sustentan en modelos matemáticos o estadísticos, que permiten el abordaje de las problemáticas que habitualmente se enfrentan en la práctica profesional. Si los estudiantes logran aprendizajes estructurados en situaciones contextualizadas las tareas de su profesión ya no le resultarán tan ajenas. Con esta visión, los docentes de Matemáticas y Estadística tienen que conocer las necesidades formativas de cada profesionista y las exigencias que cada campo laboral demanda, para que adecuen los contenidos y actividades educativas a estas necesidades.

Este fortalecimiento del pensamiento estadístico puede enseñar la variabilidad de manera cualitativa por medio de la observación y el comportamiento gráfico, dirigiendo la atención de los alumnos sobre las percepciones de cambios que sugieren los datos y sus tendencias. Lo deseable es que los alumnos le den un sentido estadístico a los datos y a los resúmenes estadísticos o a las gráficas (Batanero, *et al.*, 2013). Siguiendo la idea anterior, se espera de los alumnos un trabajo con sentido estadístico con datos obtenidos de su entorno y resuelvan problemas reales que les permitan desarrollar el razonamiento estadístico, entendido operativamente cómo interpretar de manera correcta la información resumida en un resultado estadístico.

EXPERIENCIAS DOCENTES

Integrantes del Cuerpo Académico Educación Matemática se plantean reformular el enfoque en la enseñanza de la Estadística por lo que comparten las siguientes experiencias emergentes referidas al ejercicio de la docencia en la Licenciatura de Psicología Educativa.

Objetivos operativos

Como objetivos operativos a los alumnos se les plantea el desarrollo del pensamiento y razonamiento estadístico. Para que tengan una perspectiva del curso, se les comenta que la Estadística:

- Es necesaria para tomar decisiones racionales en todas las áreas del conocimiento
- Es un área ideal para hacer preguntas y realizar encuestas que les proporcionen respuestas aproximadas debido a la variabilidad que presentan los datos
- Proporciona los métodos para medir esa variabilidad

El modelo de Análisis de senderos

El acercamiento a la explicación de un fenómeno usando más de dos variables es relevante sobre todo en el ámbito psicoeducativo porque las relaciones entre las variables no son simples, sino complejas. La representación de estas relaciones se puede llevar a cabo mediante modelos como gráficas (diagrama de flechas), fórmulas matemáticas o a través de software estadístico.

Dentro de los Modelos Teóricos Lineales, el Análisis de senderos es el modelo más utilizado por investigadores para verificar y apoyar conjuntos de supuestos causales entre variables observables que se dan en un estudio. El objetivo es explicar las variables dependientes y la relación entre ellas (Gómez, 2010). Una característica práctica del modelo de Análisis de senderos es que se puede abordar con conocimientos básicos de matemáticas cómo resolver sistemas de ecuaciones lineales,

aunque al aumentar el número de variables, el procedimiento se vuelve más laborioso.

Según Cea (2002), el Análisis de Senderos se define como un método analítico aplicado al análisis de relaciones causa-efecto entre variables observables. Los efectos pueden ser directos –no mediados por ninguna otra variable– y/o indirectos cuando en la relación entre una variable independiente –causa– y una dependiente –efecto– media al menos una tercera variable.

DESARROLLO

Las experiencias docentes ocurrieron en el semestre lectivo 2018-1 en el Grupo 2PV2 de la Licenciatura en Psicología Educativa, como un aporte complementario al tema Relación conjunta entre dos variables numéricas.

Primera sesión

En la primera sesión se comenta la limitación del análisis de datos bivariados porque solamente se consideran dos variables y la proporción de variación –de la variable dependiente Y– explicada por la variable independiente X puede ser no adecuada en un determinado contexto, por lo que es necesario incorporar otras variables que contribuyan a la explicación de la variabilidad en Y. Dentro de esta limitación, por ejemplo, el cálculo e interpretación del coeficiente de correlación (r) de Pearson entre dos variables numéricas no es suficiente para determinar la asociación estadística, porque puede ser que la relación planteada originalmente tenga explicación debida a una tercera variable no considerada en el análisis bivariado.

La ventaja de descomponer una correlación entre dos variables consiste en cuantificar la asociación aparente entre dos variables en dos partes, como son la correlación original y la correlación debida a otra(s) variable(s).

Existe un método estadístico llamado Análisis de senderos que permite, de acuerdo con la teoría, proponer modelos lineales acordes con las ideas teóricas previas, de manera que la correlación total se pueda descomponer en dos partes: efecto directo y efecto indirecto.

A manera de introducción a la construcción del método de Análisis de Senderos, se presentaron resultados reportados por la investigación de Petriz (2014) realizada en una muestra de 60 estudiantes: la correlación entre habilidades de pensamiento, los resultados obtenidos en un examen remedial de álgebra y rendimiento académico.¹

Tabla 1. Matriz de correlaciones entre habilidades de pensamiento, examen remedial de álgebra y rendimiento académico

	Habilidades de pensamiento (X)	Examen remedial de álgebra (Y)	Rendimiento académico (Z)
Habilidades de pensamiento (X)	I		
Examen remedial de álgebra (Y)	0.282	I	
Rendimiento académico (Z)	0.341	0.636	I

Fuente: Petriz (2014).

En esta sesión se extiende el análisis de Petriz (2014). A partir de los resultados reportados en esta investigación, las correlaciones indican que existe asociación estadística aparente entre el Examen remedial de álgebra (Y) y el Rendimiento académico (Z). De acuerdo con las opiniones de los alumnos, esta asociación puede deberse a las Habilidades de pensamiento. Para verificar esta situación se comenta la relevancia de descomponer las correlaciones para tener explicaciones de la variable más influyente en el rendimiento académico de los estudiantes. Después de socializar las opiniones de los alumnos se llega a consensuar los siguientes supuestos,

- La correlación entre las variables Habilidades de pensamiento y Examen remedial de álgebra es baja (0.282) y, para fines de

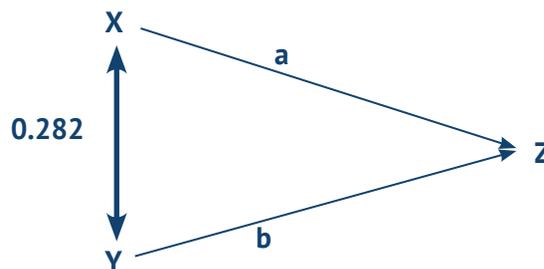
¹ No se presentan los datos originales.

construir el modelo, se considera que prácticamente son independientes, por lo que su correlación no se descompone.

- La variable Rendimiento académico se considera dependiente por lo que recibe la influencia de las variables Habilidades de pensamiento y Examen remedial de álgebra.

Es importante mencionar que la correlación baja entre las variables Habilidades de pensamiento y Examen remedial de álgebra resulta básica en el Análisis de senderos, ya que permite calcular los efectos directos e indirectos. Para tener más claras las relaciones entre las variables se construye un diagrama de senderos y un sistema de ecuaciones.

Figura 1. Diagrama de senderos entre las variables independientes X, Y y la variable dependiente Z



La terminación de la flecha unidireccional indica que la variable Z es considerada como dependiente. La flecha bidireccional indica que se pueden construir senderos que pasen por las variables –consideradas como independientes– X y Y, para llegar a la variable Z. Partiendo de X hay dos senderos para llegar a Z: un sendero directo representado por **a**, y un sendero indirecto pasando por Y. De manera semejante, hay un sendero directo para llegar de Y a Z –representado por **b**– y un sendero indirecto pasando por X.

Posteriormente se descompusieron las correlaciones en dos partes los efectos directos y los efectos indirectos: si suponemos que el rendimiento académico (Z) recibe la influencia de las habilidades de pensamiento (X) y del examen remedial de álgebra (Y), entonces es posible descomponer

la correlación entre X y Z (0.341) en el efecto directo **a** más el efecto indirecto (0.282b), la correlación entre Y y Z (0.636) también se puede descomponer en el efecto directo **b** más el efecto indirecto (0.282a).

Sistema de ecuaciones

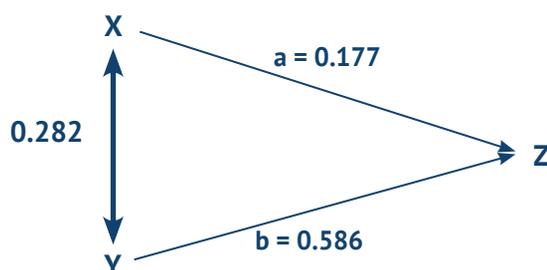
Como se menciona anteriormente, las relaciones entre las variables también se pueden representar por medio de un sistema de ecuaciones. La solución de este sistema permite cuantificar los efectos directos e indirectos.

$$\mathbf{a + 0.282b = 0.341 \text{ y } 0.282a + b = 0.636}$$

Resolviendo el sistema, los alumnos encuentran **a = 0.177** y **b = 0.586**

Los valores de **a** y **b** (llamados coeficientes de senderos) se observan en la siguiente figura.

Figura 2. Efectos directos entre las variables X, Y y Z



Para una mejor comprensión, los efectos causales directos e indirectos se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Influencia de las variables X y Y sobre la variable Z

Variable dependiente	Variable independiente	Efecto directo	Efecto indirecto	Total
Z: Rendimiento académico	X: Habilidades de pensamiento	a = 0.177	$0.341 - 0.177 = 0.164$	0.341
	Y: Examen remedial de álgebra	b = 0.586	$0.636 - 0.586 = 0.05$	0.636

A manera de interpretación, se comenta lo siguiente:

- La correlación total entre habilidades de pensamiento (X) y rendimiento académico (Z) se descompone en $0.177 + 0.164$, lo que significa que el efecto directo de las habilidades de pensamiento en el rendimiento académico es 0.177 y la influencia mediadora del examen remedial de álgebra (Y) contribuye con 0.164.
- La correlación entre el examen remedial de álgebra (Y) y rendimiento académico (Z) se descompone en $0.586 + 0.05$ significando que el efecto directo del examen remedial de álgebra es 0.586 y la influencia de las habilidades de pensamiento (X) es muy baja (0.05).
- El significado de los efectos directos e indirectos se puede interpretar como: si el propósito es incrementar el rendimiento académico, se debe priorizar en el examen remedial de álgebra ya que el efecto directo de las habilidades de pensamiento es bajo (0.177) y el efecto directo del examen remedial de álgebra es alto (0.586).
- La influencia mediadora de las habilidades de pensamiento en el rendimiento académico es prácticamente nula (0.05).

Este análisis permite explicar que, existe poca influencia de las habilidades de pensamiento en el Rendimiento académico y, por lo tanto, la correlación entre las variables Rendimiento académico y Examen remedial de álgebra tiende a ser congruente con la situación real.

Segunda sesión

Como segundo caso se analizaron datos obtenidos de la investigación realizada por Hernández (2006) en una muestra de 37 alumnos de bachillerato, para las variables Flexibilidad de pensamiento, Generalización, Reversibilidad y Razonamiento Estadístico. Los resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados obtenidos en una muestra de 37 alumnos de Bachillerato para las variables Flexibilidad de pensamiento, Generalización, Reversibilidad y Razonamiento estadístico

Conocimiento	Reversibilidad	Generalización	Flexibilidad
2.00	1.00	.00	2.00
2.50	.00	.00	1.00
5.00	1.00	1.00	1.00
6.30	.00	4.00	3.00
1.30	1.00	.00	2.00
8.80	1.00	2.00	2.00
3.80	2.00	.00	2.00
6.00	1.00	2.00	3.00
6.00	.00	3.00	2.00
6.30	1.00	1.00	1.00
2.50	1.00	.00	1.00
2.50	.00	2.00	1.00
10.00	2.00	4.00	5.00
8.80	2.00	4.00	3.00
6.30	1.00	.00	1.00
10.00	3.00	4.00	5.00
4.40	.00	1.00	1.00
2.50	1.00	.00	.00
1.30	.00	.00	1.00
5.00	.00	1.00	3.00
3.80	1.00	.00	2.00
5.00	.00	3.00	1.00
4.40	3.00	3.00	5.00
6.00	.00	.00	1.00
2.50	1.00	2.00	2.00
10.00	1.00	4.00	2.00
8.80	.00	1.00	1.00
5.00	.00	1.00	.00
7.50	2.00	4.00	2.00
1.30	.00	3.00	3.00
1.30	.00	.00	1.00
3.80	2.00	4.00	3.00
1.30	.00	.00	.00
2.50	2.00	1.00	2.00
3.50	.00	.00	2.00
7.50	1.00	2.00	2.00
8.80	.00	.00	2.00
Escala: 1 a 10	Escala: 1 a 3	Escala: 1 a 4	Escala: 1 a 5

Fuente: Hernández, 2006.

Los alumnos se organizaron para calcular las correlaciones entre pares de variables. Las correlaciones obtenidas se muestran a continuación.

Tabla 4. Correlaciones observadas entre las variables, Z_1 : Flexibilidad, Z_3 : Generalización, Z_4 : Reversibilidad y Z_2 : Razonamiento Estadístico

	Z_1 :Flexibilidad	Z_3 :Generalización	Z_4 :Reversibilidad	Z_2 :REstadístico
Z_1 : Flexibilidad	1.0000			
Z_3 : Generalización	0.3461	1.0000		
Z_4 :Reversibilidad	0.2693	0.4447	1.0000	
Z_2 : REstadístico	0.1508	0.3398	0.22929	1.0000

Fuente: Elaborada por el autor.

Tercera sesión

En la tercera sesión se construyen los modelos teóricos lineales (ecuaciones). Se forman los sistemas de ecuaciones y se resuelven. De acuerdo con esta matriz de correlaciones, las ecuaciones de efectos totales son

$$1. \text{ Entre } Z_1 \text{ y } Z_3: r_{31} = P_{31} + 0.1508P_{32} = 0.3461$$

$$2. \text{ Entre } Z_2 \text{ y } Z_3: r_{32} = P_{32} + 0.1508P_{31} = 0.3398$$

$$3. \text{ Entre } Z_3 \text{ y } Z_4: r_{43} = P_{43} = 0.4447$$

$$4. \text{ Entre } Z_1 \text{ y } Z_4: r_{41} = P_{41} + P_{31} P_{43} + 0.1508P_{42} + 0.1508P_{32} P_{43} = 0.2693$$

$$P_{41} + 0.4447P_{31} + 0.1508P_{42} + (0.1508)(0.4447)P_{32} = 0.2693$$

$$P_{41} + (0.4447)(0.3017) + (0.1508)P_{42} + (0.1508)(0.4447)(0.2943) = 0.2693$$

$$P_{41} + 0.1341 + 0.1508P_{42} + 0.0197 = 0.2693$$

$$P_{41} + 0.1508P_{42} = 0.1165$$

5. Entre Z2 y Z4: $r_{42} = P_{42} + 0.1508P_{41} + P_{32} P_{43} + 0.1508P_{31}$
 $P_{43} = 0.2293$

$P_{42} + 0.1508P_{41} + 0.4447P_{32} + (0.1508)(0.4447)P_{31} = 0.2293$
 $P_{42} + 0.1508P_{41} + (0.4447)(0.2943) + (0.1508)(0.3017)$
 $(0.4447) = 0.2293$

$0.1508P_{41} + P_{42} + 0.1308 + 0.0203 = 0.2293$

$0.1508P_{41} + P_{42} = 0.0782$

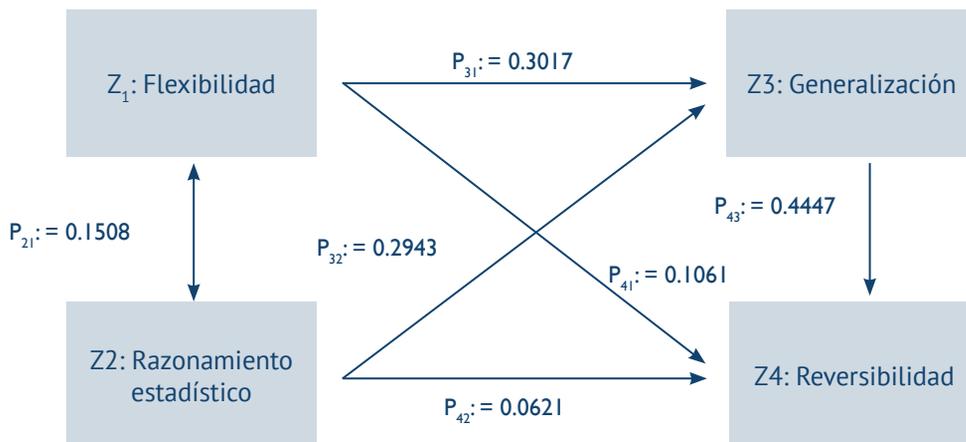
Las incógnitas en estas ecuaciones son los coeficientes de senderos P_{31} , P_{32} , P_{41} y P_{42}

Sustituyendo $P_{43} = 0.4447$, la solución del sistema formado por 1 y 2 proporciona los valores de $P_{31} = 0.3017$, $P_{32} = 0.2943$

Con la sustitución de P_{31} y P_{32} y resolviendo el sistema formado por 4 y 5, se obtienen $P_{42} = 0.0621$ y $P_{41} = 0.1061$

La representación gráfica de las relaciones entre las variables se muestra en la figura 3.

Figura 3. Efectos causales directos entre las variables



Fuente: Elaborada por el autor.

Los efectos causales –directos e indirectos– del modelo se resumen en la tabla 5.

Tabla 5. Influencia de las variables Z_1 , Z_2 , y Z_3 sobre la variable Z_4

Variable Dependiente	Variable independiente	Efecto directo	Efecto indirecto	Total
(Z3) Generalización	(Z1) Flexibilidad	0.3017	$(0.1508)(0.2943)=0.0443$	0.346
	(Z2) REstadístico	0.2943	$(0.1508)(0.3017)=0.0454$	0.3397
(Z4) Reversibilidad	(Z1) Flexibilidad	0.1061	$(0.3017)(0.4447)=0.1341$ $(0.1508)(0.0621)=0.0093$ $(0.1508)(0.2943)(0.4447)=0.0197$	0.2692
	(Z2) REstadístico	0.0621	$(0.1508)(0.3017)(0.4447)=0.0202$ $(0.1508)(0.1061)=0.0159$ $(0.2943)(0.4447)=0.1308$	0.229
	(Z3) Generalización	0.4447		0.4447

Fuente: Elaborada por el autor.

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN

Objetivos

Los objetivos de esta propuesta de evaluación son:

- Utilizar los *diagramas de senderos* para proporcionar a los alumnos experiencias educativas sobre la importancia de descomponer las correlaciones entre variables para cuantificar los efectos directos e indirectos entre ellas.
- Encontrar evidencias de la presencia del razonamiento estadístico.

Actividades

En las actividades para evaluar se considera el análisis de las variables Porcentaje de deserción en los niveles educativos por entidad federativa.

Tabla 6. Porcentaje de deserción por entidad federativa según nivel educativo, 2003-2004

Entidad	Primaria (Prim)	Secundaria (Sec)	Media Superior (MS)	Superior (Sup)
Aguascalientes	1.0	7.9	17.1	9.8
Baja California	1.3	6.5	20.9	4.5
Baja California Sur	0.3	5.3	19.8	10.4
Campeche	1.7	9.2	18.7	12.0
Coahuila	0.6	3.9	18.6	7.3
Colima	3.0	6.9	15.7	6.6
Chiapas	3.5	8.0	15.6	7.2
Chihuahua	2.2	8.2	21.1	5.7
Distrito Federal	1.0	5.8	16.7	8.0
Durango	1.9	8.2	20.0	4.8
Guanajuato	3.2	7.7	19.7	4.6
Guerrero	2.8	12.9	14.7	11.2
Hidalgo	0.7	6.1	18.5	7.1
Jalisco	1.7	9.3	16.7	1.1
Estado de México	1.2	6.9	19.0	9.2
Michoacán	4.2	11.6	25.1	7.7
Morelos	1.1	5.1	16.7	13.4
Nayarit	1.0	5.7	16.4	23.7
Nuevo León	0.7	5.2	21.7	3.0
Oaxaca	2.3	8.2	17.9	13.6
Puebla	1.6	5.8	13.8	11.5
Querétaro	0.5	7.6	16.4	5.2
Quintana Roo	0.3	6.7	18.6	13.4
San Luis Potosí	1.3	6.3	15.4	6.3
Sinaloa	2.2	8.4	16.8	13.3
Sonora	1.4	6.0	18.0	12.3
Tabasco	1.2	6.9	15.8	8.3
Tamaulipas	1.5	6.6	16.1	12.3
Tlaxcala	0.7	7.0	14.8	10.7
Veracruz	1.9	6.6	14.8	12.5
Yucatán	1.9	9.3	21.7	7.0
Zacatecas	1.4	9.7	16.6	8.7

Fuente: Estadísticas Básicas del Sistema Educativo Nacional.

Descripción del instrumento

Consta de dos cuestiones que tratan conceptos de regresión y correlación lineal entre variables numéricas:

1. Considere los senderos indicados en las figuras 4 y 5

Los coeficientes de Correlación de Pearson (r) aparecen en la siguiente matriz

Tabla 7. Coeficientes de correlación entre las variables Primaria, Secundaria, Media Superior y Superior

	Primaria (X)	Secundaria (W)	Media Superior (Z)	Superior (Y)
Primaria (X)	1			
Secundaria (W)	0.63545	1		
Media Superior (Z)	0.1644	0.14849	1	
Superior (Y)	-0.14059	-0.12915	-0.3342	1

Fuente: Elaborada por el autor.

Figura 4. Diagrama de Senderos entre las variables: Primaria (X), Secundaria (W) y Media Superior (Z).

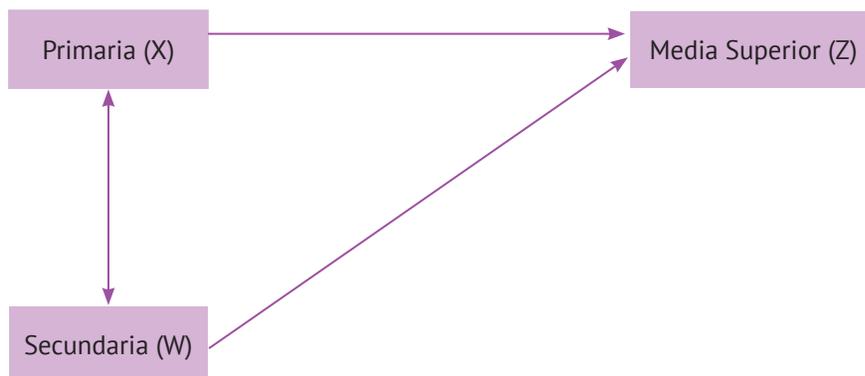
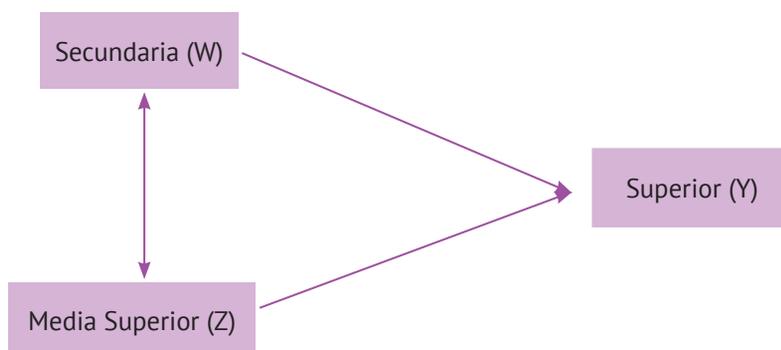


Figura 5. Diagrama de Senderos entre las variables:
Secundaria (W), Media Superior (Z) y Superior (Y)



Compare los resultados en ambas gráficas

2. Escriba un ejemplo de su área de manera que se pueda aplicar este procedimiento

Aplicación

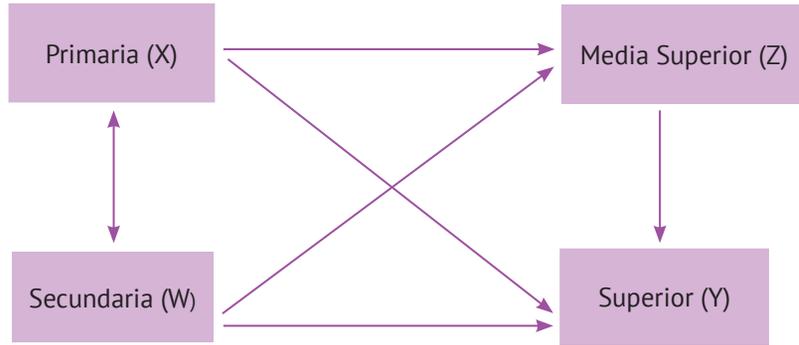
Las actividades educativas se resolvieron como una tarea en equipos formados por dos o tres integrantes.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

De manera general se observó

Primera pregunta

El comportamiento de los alumnos es trabajar conjuntamente con las cuatro variables, omitieron el uso de los diagramas de senderos en las figuras 4 y 5. Su procedimiento consistió en construir el siguiente diagrama

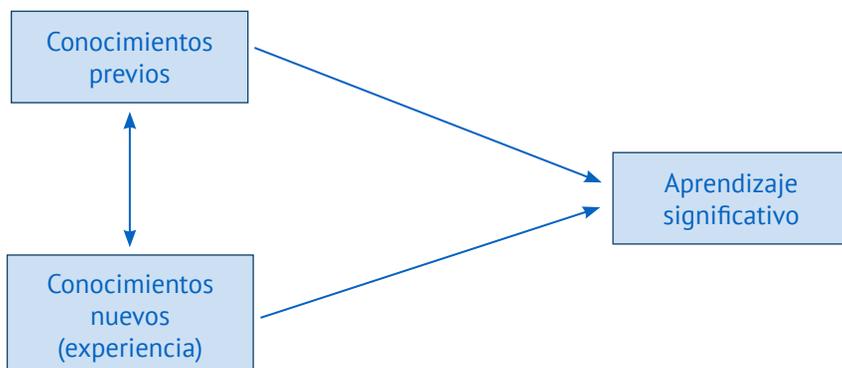


A partir del diagrama descomponen las correlaciones totales (efecto total) en los efectos directos e indirectos. Este procedimiento es correcto pero el análisis es más laborioso.

Segunda pregunta

Aquí hay coincidencias acerca de la utilidad de aplicar este procedimiento en el área de la Psicología Educativa. A continuación, se proporcionan ejemplos textuales.

El Método de Análisis de Senderos es aplicable en el área de Psicología Educativa para que en el aspecto del aprendizaje las variables (conocimientos previos, conocimientos nuevos (experiencia) forman dicha estructura cognitiva, ya que estos dos al relacionarse crean una formación y construcción de algún aprendizaje, sin embargo, es necesario saber cuánto influye una de la otra para llegar al objetivo.



Lo podríamos aplicar para saber las causas de depresión en los estudiantes, algunos factores que se podrían analizar sería qué factores intervienen para que ellos en base a la depresión deserten. Puede influir el nivel socio-económico, problemas de aprendizaje, porcentaje de materias reprobadas y la falta de comprensión de las diversas materias.

Este procedimiento puede aplicarse para trabajar con los porcentajes de niños con algún a dificultad para el aprendizaje en escuelas rurales, urbanas abarcando privadas y públicas en los primeros 4 años de primaria.

CONCLUSIONES

Generales

Es necesario trabajar con mayor constancia este tipo de actividades, analizando más ejemplos de aplicación de dependencia conjunta entre tres o más variables en el área de las ciencias sociales. Particularmente en la Licenciatura en Psicología Educativa de la UPN para lograr un acercamiento al análisis de datos como una tarea que los alumnos deben enfrentar en su práctica profesional.

Es prioritario trabajar sobre la creencia de los alumnos de que si no realizan los cálculos –tal como se hicieron los ejemplos en clase– no estarán bien sus propuestas de solución. Es decir, se percibe una fijación por las secuencias previas de enseñanza y aprendizaje. Esta fijación no les permitió iniciar el análisis a partir de los datos proporcionados, sino que su actividad se dirigió hacia la verificación de los cálculos, dejando de lado la interpretación de los resultados estadísticos presentados.

Sobre los objetivos de la propuesta del uso de Análisis de senderos

El objetivo de utilizar los diagramas de senderos se cumple, porque los alumnos manejaron conjuntamente las cuatro variables, descomponiendo las correlaciones observadas. Es necesario considerar que, aunque el modelo presentado es consistente con los datos, esto no quiere decir que

no pueda ser modificado o sometido a nuevas revisiones, cambiando la trayectoria entre las variables. Esto constituye una de las bondades del Análisis de senderos: es una herramienta básica en la verificación de relaciones sugeridas por las teorías existentes.

El objetivo de encontrar evidencias del razonamiento estadístico continúa en pie puesto que los alumnos no utilizaron los datos propuestos para asignar significados contextualizados, sino que su prioridad fue verificar los cálculos.

Comentario final

Bajo la perspectiva de que todos los alumnos son potencialmente capaces, los docentes debemos reflexionar sobre el hecho de que es prioritario no centrarse solamente en los cálculos, sino en ampliar la visión y comprensión de los métodos estadísticos que les permitan aumentar sus experiencias del uso de la Estadística como herramienta de investigación en fenómenos psicoeducativos de relación entre variables numéricas y en general en el ámbito de las ciencias sociales.

Es necesario estimular en los alumnos la actitud de formular preguntas y conjeturas acerca de relaciones causales entre variables que puedan explicarse con procedimientos estadísticos descriptivos multivariantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Batanero, C. *et al.* (2013). El sentido estadístico y su desarrollo. *Números* 83, 7-18.
- Batista, J., y Coender, G. (2000). Modelos de Ecuaciones Estructurales. (Modelos para el análisis de las relaciones causales). *Cuadernos de Estadística*. (6). La Muralla.
- Behar, R., y Grima, P. (2001). Mil y una dimensiones del Aprendizaje de la Estadística. *Estadística Española*, 43(148), 189-207.
- Cea, M. A. (2004). Análisis Multivariable. *Teoría y práctica en la investigación Social*. Madrid: Síntesis.

- Charría, V. *et al.* (2005). La enseñanza de la Estadística Inferencial. Un estudio de caso en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. *Pensamiento Psicológico*, 37-53.
- Eudave, D. (s.f.). *El aprendizaje de las Matemáticas y la Estadística en el contexto de las Ciencias Sociales*. Aguascalientes, México: Departamento de Educación-Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Gómez, M. A. (2010). *Estimación de los Modelos de Ecuaciones Estructurales, del índice mexicano de la satisfacción del usuario de Programas Sociales Mexicanos, con la Metodología de Mínimos Cuadrados Parciales*. Tesis de Maestría. Universidad Iberoamericana.
- Gutiérrez, R. *et al.* (2013). Metodologías activas en el análisis multivariante. Probabilidad Condicionada. *Revista de Didáctica de la Estadística*, 405-408.
- Hernández, J. D. (2006). *Habilidades matemáticas en la comprensión de la Estadística y de la Probabilidad en el alumno del Colegio de Ciencias y Humanidades. Plantel Sur*. Tesina de Especialización en Estadística Aplicada-Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas-UNAM.
- Marzano, A., y Zamora, S. (2009). *Sistemas de Ecuaciones Estructurales. Una herramienta de Investigación*. México: Ceneval. Cuaderno Técnico 4.
- Petriz, M. A. (2014). Influencia de las habilidades de pensamiento y los conocimientos previos en el rendimiento académico en Matemáticas de estudiantes de Contaduría Pública y Administración de una Universidad Pública Estatal. XIX Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática. Ciudad Universitaria. México.
- Pino, G Del., y Estrella, S. (2012). Educación Estadística: relaciones con la Matemática. *Investigación Educativa Latinoamericana*, 49(1), 53-64.
- Rojo, L. E. (1992). *Los Modelos Causales. Su Aplicación a la investigación Pedagógica*. México: UNAM.

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Delfina Gómez Álvarez *Secretaria de Educación Pública*
Francisco Luciano Concheiro Bórquez *Subsecretario de Educación Superior*

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

Rosa María Torres Hernández *Rectora*
María Guadalupe Olivier Téllez *Secretaria Académica*
Karla Ramírez Cruz *Secretaria Administrativa*
Rosenda Ruiz Figueroa *Directora de Biblioteca y Apoyo Académico*
Abril Boliver Jiménez *Directora de Difusión y Extensión Universitaria*
Benjamín Díaz Salazar *Director de Planeación*
Maricruz Guzmán Chiñas *Directora de Unidades UPN*
Yiseth Osorio Osorio *Directora de Servicios Jurídicos*
Silvia Adriana Tapia Covarrubias *Directora de Comunicación Social*

COORDINADORES DE ÁREA ACADÉMICA

Adalberto Rangel Ruiz de la Peña *Política Educativa, Procesos Institucionales y Gestión*
Jorge García Villanueva *Diversidad e Interculturalidad*
Gerardo Ortíz Moncada *Aprendizaje y Enseñanza en Ciencias, Humanidades y Artes*
Ruth Angélica Briones Fragoso *Tecnologías de la Información y Modelos Alternativos*
Eva Francisca Rautenberg Petersen *Teoría Pedagógica y Formación Docente*
Rosalía Menéndez Martínez *Posgrado*
Rosa María Castillo del Carmen *Centro de Enseñanza y Aprendizaje de Lenguas*

Subdirectora de Fomento Editorial *Mildred Abigail López Palacios*
Corrección ortotipográfica *Priscila Saucedo García*
Formación *María Eugenia Hernández Arriola*
Diseño de portada *Margarita Morales Sánchez*

Esta primera edición de **ANÁLISIS DE SENDEROS EN RELACIONES CAUSALES MULTIVARIADAS Y DESARROLLO DEL RAZONAMIENTO ESTADÍSTICO** estuvo a cargo de la Subdirección de Fomento Editorial, de la Dirección de Difusión y Extensión Universitaria, de la Universidad Pedagógica Nacional, y se publicó en mayo de 2022.