

ARTÍCULO DE REVISIÓN

## ¿Cómo aplicar el análisis estadístico implicativo en los estudios de causalidad en salud?

### How to apply implicative statistical analysis in health causality studies?

Nelsa María Sagaró-del-Campo<sup>1</sup> , Larisa Zamora-Matamoros<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba, Facultad de Medicina No. 1, Santiago de Cuba. <sup>2</sup>Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. **Correspondencia a:** Nelsa María Sagaró-del-Campo, correo electrónico: nelsa@infomed.sld.cu

Recibido: 19 de septiembre de 2019

Aprobado: 12 de noviembre de 2019

#### RESUMEN

**Fundamento:** el análisis estadístico implicativo se ha empleado con éxito en el diagnóstico y solución a problemas propios de la didáctica de las matemáticas, que fue su objetivo inicial. En el entorno nacional también se ha empleado para identificar factores pronósticos y de riesgo en medicina.

**Objetivo:** describir nuevos procedimientos para la aplicación óptima del análisis estadístico implicativo en el entorno de las investigaciones médicas de causalidad.

**Métodos:** se realizó una revisión bibliográfica utilizando servicios especializados disponibles en internet y un análisis crítico de los estudios realizados en la Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba, con la aplicación de esta técnica para la identificación de factores pronósticos y de riesgo, lo cual permitió definir la forma correcta de aplicación de la misma.

**Resultados:** se reconoce entre las particularidades más importantes para la aplicación de este análisis: dentro de las transformaciones, la duplicación de la variable dependiente y dentro del análisis principal, el empleo de las nuevas variables dependientes en el cono del grafo implicativo, como la vía para el reconocimiento de los supuestos factores causales, ya sean pronósticos o de riesgo.

**Conclusiones:** los procedimientos presentados constituyen una primera aproximación al diseño de una metodología propuesta por las autoras, para la utilización eficiente del análisis estadístico implicativo que, unida a una interpretación apropiada de los resultados, debe constituir un pilar que complemente las técnicas multivariadas, empleadas habitualmente en los estudios clínico-epidemiológicos de causalidad.

**Palabras clave:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO IMPLICATIVO; IDENTIFICACIÓN DE FACTORES PRONÓSTICOS; PREPARACIÓN DE LOS DATOS; ANÁLISIS DE DATOS; PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

**Descriptor:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO; PRONÓSTICO; METODOLOGÍA; MÉTODOS DE ANÁLISIS; CAUSALIDAD.

#### ABSTRACT

**Background:** implicative statistical analysis has been used successfully in the diagnosis and solution of problems, typical of the teaching of mathematics, which was its initial aim. In the national environment it has also been used to identify prognostic and risk factors in medicine.

**Objective:** to describe new procedures for the optimum application of implicative statistical analysis in the setting of medical causality studies.

**Methods:** a bibliographic review was carried out using specialized services available on the Internet and a critical analysis of the studies carried out at the University of Medical Sciences of Santiago de Cuba, with the application of this technique for the identification of prognostic and risk factors, which helped to define the correct way to apply it.

**Results:** among the most important particularities for the application of this analysis are: within the transformations the duplication of the dependent variable, and within the main analysis the use of the new dependent variables in the implicative graph cone, as the way to recognize the alleged causal factors, either prognostic or risk factors.



Citar como: Sagaró-del-Campo NM, Zamora-Matamoros L. ¿Cómo aplicar el análisis estadístico implicativo en los estudios de causalidad en salud? Revista Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta. 2020; 45(1). Disponible en: <http://revzoilomarinello.sld.cu/index.php/zmv/article/view/1960>.



Universidad de Ciencias Médicas de Las Tunas  
Centro Provincial de Información de Ciencias Médicas  
Ave. de la Juventud s/n. CP 75100, Las Tunas, Cuba

**Conclusions:** the presented procedures are a first approach to the design of a methodology proposed by the authors for the efficient use of the implicative statistical analysis, which together with an appropriate interpretation of the results must be an important mainstay to complement the multivariate techniques commonly used in the clinical-epidemiological studies of causality.

**Keywords:** IMPLICATIVE STATISTICAL ANALYSIS; IDENTIFICATION OF PROGNOSTIC FACTORS; DATA PROCESSING; DATA ANALYSIS; PRESENTATION OF RESULTS.

**Descriptors:** STATISTICAL ANALYSIS; PROGNOSIS; METHODOLOGY; ANALYTICAL METHODS; CAUSALITY.

## INTRODUCCIÓN

El análisis estadístico implicativo (ASI de *Analyse Statistique Implicative*, del idioma francés, donde se originó) es una herramienta de la minería de datos, basada en las técnicas estadísticas multivariadas, la inteligencia artificial y el álgebra booleana, para modelar la cuasi-implicación entre los sucesos y variables de un conjunto de datos.

Esta técnica fue creada sobre los años 80 por el francés Régis Gras, <sup>(1-3)</sup> quien desde entonces ha investigado sobre la creación de reglas inductivas no simétricas y la cuantificación de la probabilidad de que se presente la característica *b*, si se ha observado la característica *a* en la población para modelar relaciones del tipo "si *a*, entonces casi *b*".

El ASI se ha empleado con éxito en el diagnóstico y solución a problemas propios de la didáctica de las matemáticas, que fue su objetivo inicial, por ejemplo, los estudios de Turgut, <sup>(4)</sup> Delacroix, <sup>(5)</sup> Klimentová, <sup>(6)</sup> Caputo <sup>(7)</sup> y Montes; <sup>(8)</sup> estudios en la rama cibernética, como los de Quoc Phan, <sup>(9)</sup> y en otras esferas, como los de las competencias profesionales de Acioly-Régnier, <sup>(10)</sup> los de análisis de ítems de Couturier <sup>(11)</sup> y los de análisis de imágenes de resonancia magnética nuclear de Pazmiño, <sup>(12)</sup> por citar tan solo algunos de los muchos ejemplos existentes. El desarrollo de esta técnica ha sido posible por el debate y la socialización de las contribuciones teóricas y aplicaciones en los diez coloquios internacionales celebrados desde el 2000 hasta la fecha, donde se destacan países como Francia, España, Italia y Brasil. Muchas tesis y publicaciones recientes tratan de revisar y enriquecer la teoría del ASI. <sup>(13-15)</sup>

En el entorno nacional, específicamente en Santiago de Cuba, Zamora <sup>(16,17)</sup> ha hecho aportes a la teoría, relacionados con las variables modales y lo ha aplicado en el diagnóstico de problemas pedagógicos.

En el artículo "¿Por qué emplear el análisis estadístico implicativo en los estudios de causalidad en salud?", de Sagaró y Zamora, <sup>(18)</sup> se identifican los aspectos teóricos y prácticos que justifican el empleo de esta técnica en los estudios de causalidad en medicina y se mencionan los trabajos realizados en la Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba al respecto, para la identificación de factores pronósticos y de riesgo. Estos 12 trabajos (seis de ellos ya publicados) <sup>(19-25)</sup> han empleado procedimientos específicos para la aplicación del ASI, demostrando su utilidad.

A pesar de que estos estudios han seguido, aproximadamente, el mismo esquema de trabajo, creado para adaptar la técnica a la identificación de factores pronósticos y de riesgo, en ninguna de estas investigaciones se ha detallado como ha sido empleada la misma, lo cual resulta indispensable para el investigador que intenta replicar estos estudios.

Es por ello que el objetivo de este trabajo es describir los procedimientos de preparación y análisis de datos, así como la presentación de los resultados del ASI empleados en el entorno de las investigaciones médicas.

Los procedimientos que se describen en este artículo fueron ideados por las autoras a partir de las necesidades identificadas en cada nuevo estudio con la aplicación del ASI y las pruebas realizadas al modificar la forma de usarlo. Por otro lado, se expone la evolución que se ha producido en la forma de emplear el ASI.

## DESARROLLO

### ¿Cómo aplicar el ASI?

En principio, la aplicación del ASI requiere de dos conjuntos finitos, uno formado por los individuos o unidades de análisis y otro por las variables del estudio, que conforman la matriz de datos a analizar. Dichas variables pueden ser medidas en cualquier escala, pero este trabajo solo se aplica al caso de variables dicotómicas (presencia o ausencia de la característica). La variable desenlace (D), empleada en los ejemplos que serán presentados, es dicotómica y comprende la enfermedad o no enfermedad en los estudios para identificar factores de riesgo y el estado "fallecido" o "vivo" en los estudios para identificar factores pronósticos de mortalidad, lo cual se simboliza como  $D_1$  para el desenlace peor y  $D_0$  para el mejor.

En correspondencia con los diseños metodológicos empleados por las ciencias médicas para el estudio de la causalidad, mencionados en Sagaró y Zamora, <sup>(26)</sup> se escogió para desarrollar esta metodología un estudio analítico de tipo "caso y control" para la identificación de los posibles factores causales de un efecto o desenlace dicotómico.

### ¿Cómo preparar los datos?

Una vez recogidos los datos, se debe verificar su integridad, crear una base de datos en Microsoft Excel y nombrar las variables. Se sugiere que en la operacionalización de las variables se exponga,

además, el nombre abreviado, con el cual serán procesadas, ya que esto permitirá una mejor comprensión e interpretación de los gráficos donde se visualizarán esos nombres. Se deben emplear nombres que identifiquen por sí solo a la variable de que se trata, sin espacios y que no sean muy largos, sobre todo si se trabaja con muchas variables.

Como en todo análisis exploratorio, se buscarán irregularidades en los datos que indiquen posibles errores en la recolección, como valores perdidos y valores atípicos, evaluando su impacto potencial en los resultados para decidir cómo van a ser tratados.

Antes de efectuar el análisis, se deberán realizar transformaciones en la variable dependiente y en las independientes que no sean dicotómicas.

Se sugiere dicotomizar las variables independientes o covariables que sean politómicas, para ganar en eficiencia, tal como ocurre en la regresión logística, aun cuando parezca que se pierde en información. Este proceso, el cual permite visualizar mejor el cambio de una categoría a otra y facilita su interpretación, se puede realizar de dos formas: creando tantas variables nuevas como categorías posean, o creando dos variables, en las cuales se agrupen, siempre que sea posible, varias categorías.

En el caso de las covariables cuantitativas, estas se transformarán en dicotómicas, considerando la de peor y mejor pronóstico para los estudios de identificación de factores pronósticos, o la que pudiera constituir un factor de riesgo o un factor protector, en los casos de identificación de factores de riesgo, siempre codificando con 1 la peor situación y con 0 el caso contrario. Este proceso de dicotomizar consiste en buscar un punto de corte apropiado en el recorrido de la variable, para lo cual es posible emplear diferentes estrategias basadas, sobre todo, en la literatura y la opinión de expertos que conlleven a una coherencia de la relevancia clínica con la estadística.

Con respecto a la variable dependiente, de respuesta o desenlace (D), que tradicionalmente es única con dos categorías, se duplicará contando para el análisis con dos variables dependientes binarias, que representan el desenlace peor ( $D_1$ ) y mejor ( $D_0$ ), respectivamente.

Así, por ejemplo, en los estudios para la identificación de factores de riesgo se crearán dos variables, "enfermo" y "sano" y, para la identificación de factores pronóstico, una variable para el desenlace favorable y otra para el desfavorable que, según el tipo de desenlace que se escoja, podría ser "fallecido" y "vivo" o "complicado" y "no complicado", etc. Cada variable creada se codificará con el valor 1, si el individuo analizado posee la característica de interés, y con el 0 en caso contrario. Por ejemplo, la variable "fallecido" toma el valor 1 si el individuo ha fallecido y 0 en caso contrario y la variable "vivo" toma el valor 1 si está vivo y 0 en caso contrario.

Esta duplicación se sustenta por el hecho de que el algoritmo empleado en el procesamiento de estos

datos sólo analiza la variable codificada con 1, por ejemplo, en el caso de la identificación de factores pronósticos de mortalidad, si se declarase una sola variable "estado", donde se representase el fallecido con 1 y el vivo con 0, nunca sería posible analizar las relaciones de causalidad asociadas al estado "vivo", es decir, identificar los factores de buen pronóstico que pudieran existir.

Por último, se guardará la base de datos en formato CSV de Excel (separado por coma), requisito indispensable para ser reconocida por el procesador automatizado CHIC.

CHIC (del francés: *Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive*, que significa Clasificación Jerárquica, Implicativa y Cohesitiva) es la herramienta informática que posibilita este análisis, el mismo realiza el tratamiento automático de los cálculos estadísticos sobre las variables, obteniendo como resultado distintos gráficos e índices.

### ¿Cómo procesar los datos?

A continuación, se realizará el procesamiento de los datos de dos formas, en dependencia de cómo se visualizan las variables de respuesta creadas: 1) incluyéndolas en el análisis como variables principales, al igual que todos los posibles factores causales; y 2) considerándolas como variables suplementarias, para reconocer y cuantificar su contribución a la formación de cada una de las implicaciones o relaciones causales entre el resto de las variables.

Primero se calcularán las frecuencias absolutas y relativas, para determinar las características de los grupos en estudio (casos y controles). Estas deben concluir con el cálculo y presentación de las frecuencias de cada variable independiente en los dos grupos de estudio. Luego se hará el análisis clasificatorio, cuyo propósito es agrupar aquellas variables que presentan características similares, revelando las agrupaciones naturales dentro de la colección de datos. La estrategia de agrupación se basará en medir la distancia entre pares de variables, formando clústeres con aquellas menos distantes, según el índice de Lerman, lo cual es facilitado por el CHIC. Se obtendrá y analizará el árbol de similaridad, así como los índices de estos entre las variables con comportamiento semejante en los grupos de casos y controles.

En el árbol de similaridad se apreciarán los diferentes grupos o clases que se forman en torno a las dos variables dependientes (generalmente, los casos y los controles), según los factores que más se asemejen en su comportamiento a cada una de ellas, así como los subgrupos con mayor o menor grado de similaridad dentro de estos grandes grupos. Este análisis es útil, también, para identificar relaciones entre variables no consideradas al inicio del estudio.

Luego, en el análisis implicativo y para un cierto nivel de confianza, elegido por el investigador, se determinarán las reglas admisibles a partir del valor de su intensidad implicativa. Se obtendrán y analizarán los gráficos que brinda el sistema:

- Un grafo implicativo normal, que muestra las relaciones causales entre el conjunto de variables. Se debe analizar la formación de caminos en los grafos o subgrafos que se formen, acompañado por la intensidad implicativa en el sentido clásico o entrópico, según la opción elegida.
- Dos grafos implicativos en modo cono, uno para las relaciones causales de los factores que influyeron en el desenlace peor, tomando como la variable dependiente de peor desenlace D<sub>1</sub>, y otro para los que influyeron en el mejor desenlace, tomado como la variable que representa el mejor desenlace D<sub>0</sub>.

En cuanto a las relaciones implicativas que se desean visualizar en el grafo implicativo, estas serán las que determine el investigador a partir de fijar valores umbrales para el nivel de confiabilidad. El software permite elegir hasta cuatro umbrales diferentes de confianza a la vez. Según sea el valor mínimo de los umbrales elegidos, podrá identificar una mayor o menor cantidad de factores asociados con las variables de respuesta. Se sugiere emplear los dos enfoques que brinda el software, clásico y entrópico, para reafirmar los hallazgos y emplear los cuatro niveles mayores que brinda el sistema, de manera tal que aparezcan enlaces con cuatro colores en el gráfico, uno para cada umbral, excepto en los casos que con gran intensidad implicativa, del 100 o 99 %, aparezcan casi todas las variables representadas en el grafo.

En el análisis cohesitivo se obtendrá y analizará el árbol cohesitivo, un gráfico jerárquico orientado de manera ascendente, siguiendo el índice decreciente de las cohesiones que brinda el sistema, formado por las reglas y metarreglas donde se destacan los nodos significativos, acompañado por los índices de cohesión en el sentido del análisis implicativo.

Por cada tipo de análisis, el CHIC calcula y muestra resultados numéricos como: la frecuencia de ocurrencia de cada variable, su media y desviación estándar, la frecuencia de ocurrencia de cada uno de los pares de variables que se pueden formar y el coeficiente de correlación para cada par de variables.

También se obtendrán la contribución y la tipicalidad de cada individuo para la clase de variables elegida (un clúster de variables en el análisis de similitud o una regla o camino de reglas en el análisis cohesitivo), la lista de los riesgos asociados a la contribución y a la tipicalidad de cada variable suplementaria (de existir), considerando que un riesgo débil es el indicio de una fuerte contribución o tipicalidad y, por último, la variable más típica y la más contributiva.

**¿Cómo presentar los resultados?**

Los resultados serán presentados en forma tabular y gráfica. Entre las tablas a presentar la primera debe ser la que emerge de la descripción de la muestra de estudio donde se mostrarán las frecuencias de cada variable en ambos grupos de estudio (ejemplo en **tabla 1**).

**TABLA 1. Casos y controles según factor de riesgo**

Factor de riesgo	Casos		Controles	
	No.	%	No.	%
Edad (EDAD)	43	70,5	18	29,5
Sexo (SEXO)	29	65,9	15	34,1
Color de la piel blanca (PRB)	17	48,6	18	51,4
Color de la piel mestiza (PRM)	19	47,5	21	52,5
Color de la piel negro (PRN)	14	56,0	11	44,0
Antecedentes genéticos (PAG)	22	73,3	8	26,7
Antecedentes patológicos personales (PAP)	6	54,6	5	45,4
Ocupación riesgosa (POR)	23	82,1	5	17,9
Contaminación ambiental (PCA)	31	66,0	16	34,0
Consumo de bebidas alcohólicas (BEBE)	23	67,6	11	32,4
Hábito de fumar (FUMA)	41	68,3	19	31,7
Lugar de residencia (RESID)	30	39,5	46	60,5
Consumo de vitamina E (PVE)	5	38,5	8	61,5
Radiación ionizante (PRI)	10	83,3	2	16,7
Nivel socioeconómico bajo (PS1)	13	76,5	4	23,5
Nivel socioeconómico medio (PS2)	36	50,7	35	49,3
Nivel socioeconómico alto (PS3)	1	8,3	11	91,7

Fuente: García Mederos Y, Zamora Matamoros L, Sagaró del Campo N. Análisis estadístico implicativo en la identificación de factores de riesgo en pacientes con cáncer de pulmón. MEDISAN. 2015; 19(8). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1029-30192015000800003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192015000800003).



Otra de las tablas debe crearse a partir del análisis de similitud, donde se presentarán las clases o aglomeraciones de variables formadas en orden decreciente del índice de similitud, el valor del índice de similitud y si la clase forma parte de una

clase mayor que contiene al peor o al mejor desenlace, como se muestra en la **tabla 2**, en cuyo ejemplo los desenlaces son “vivo” y “fallecido”. Si no fuera necesaria la exhaustividad en esta tabla, se pueden mostrar solo las clases de mayor similitud.

**TABLA 2. Factores pronósticos con mayor nivel de similitud**

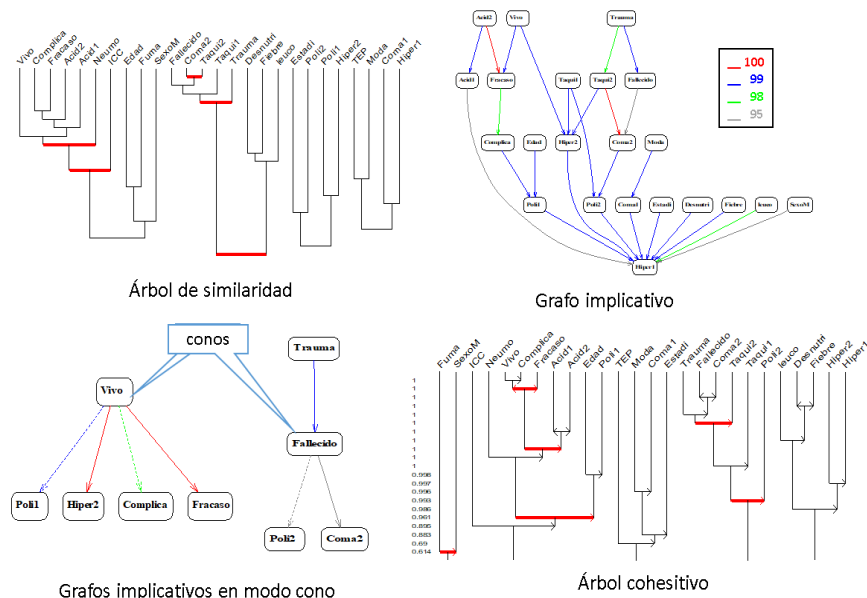
Variables similares	Índice de similitud	Clase a la que pertenece
(META PVASCULAR)	1	Fallecido
(ETAPAC (META PVASCULAR))	0.999999	Fallecido
((ETAPAC (META PVASCULAR)) INFCAPSULAR)	0.999995	Fallecido
(TTUMORAL QUIMIO)	0.999966	Fallecido
((TTUMORAL QUIMIO) GRADO3)	0.99987	Fallecido
((((ETAPAC (META PVASCULAR)) INFCAPSULAR) ((TTUMORAL QUIMIO) GRADO3))	0.999792	Fallecido
(((((ETAPAC (META PVASCULAR)) INFCAPSULAR) ((TTUMORAL QUIMIO) GRADO3)) HISTO)	0.998306	Fallecido
((((((ETAPAC (META PVASCULAR)) INFCAPSULAR) ((TTUMORAL QUIMIO) GRADO3)) HISTO) RADIO)	0.989997	Fallecido
(FALLECIDO HEMOG)	0.956826	Fallecido
(VIVO GRADO1)	0.941407	Vivo
((FALLECIDO HEMOG) (((((ETAPAC (META PVASCULAR)) INFCAPSULAR) ((TTUMORAL QUIMIO) GRADO3)) HISTO) RADIO))	0.897747	Fallecido

Fuente: Galano Vázquez K. Tabla 3 del Trabajo de Terminación de Especialidad en Bioestadística. Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba. Cuba.

Además, se puede presentar la tabla que contiene los índices de cohesión para las reglas o metarreglas formadas. También se mostrarán los tres gráficos que brinda el sistema: el árbol de similitud, el grafo implicativo y el árbol cohesitivo y, en el caso

del grafo implicativo, se obtendrá uno general y dos en modo cono, como se explicó anteriormente (**gráfico 1**). Estos gráficos se explican en Sagaró y Zamora. <sup>(28)</sup>

**GRÁFICO1. Ejemplos de salidas gráficas del ASI mediante el CHIC**



## ¿Cómo ha evolucionado la forma de aplicar el ASI?

En los tres primeros estudios realizados por el equipo de investigación de la Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba, donde se identificaron los factores de riesgo de los cánceres de mama, pulmón y próstata, no se duplicó la variable dependiente, por lo que hubo imposibilidad para reconocer los factores protectores y no se empleó el modo cono, sino que se reconocieron los posibles factores causales a partir del grafo implicativo normal. Se apreció en los resultados coincidencia en los factores reconocidos por ambas técnicas y una superioridad en la cantidad de factores reconocidos por el ASI. <sup>(18)</sup>

En los tres estudios siguientes, para la identificación de los factores pronósticos de estos mismos tipos de cánceres, se comenzó el empleo del modo cono en el grafo implicativo, para el reconocimiento de los factores pronósticos y al analizar la forma de procesamiento del ASI antes expuesta, se decidió duplicar la variable dependiente, como una necesidad impostergable. No se distinguió hasta estos estudios entre factores implicados directa o indirectamente y se reconocen todos por igual. <sup>(20-23)</sup>

En el séptimo estudio, sobre factores pronósticos de malnutrición en pacientes graves, se comienza a trabajar con diseños prospectivos para dar más

validez a los resultados con mayor tamaño de muestra, pero se mantiene el análisis como en los tres estudios anteriores y así hasta el estudio 11, en que comienza a reconocerse la causa indirecta y la aplicación de la regresión logística posterior al ASI. En el último estudio, además, se trabaja con múltiples variables cuantitativas con alta multicolinealidad, para descubrir nuevas diferencias con la regresión logística.

## CONCLUSIONES

Los procedimientos presentados en este trabajo contribuyeron al diseño de la primera parte de la metodología propuesta para la utilización eficiente de este análisis en las ciencias médicas. Se reconoce entre las transformaciones más importantes la duplicación de la variable dependiente y dentro del análisis, el empleo de las nuevas variables dependientes en el cono del grafo implicativo, como la vía para el reconocimiento de los supuestos factores causales.

Estos procedimientos, unidos a una interpretación apropiada de los resultados, deben constituir un pilar importante, que complementa las técnicas multivariadas empleadas habitualmente en los estudios clínico-epidemiológicos, para la identificación de factores pronósticos y de riesgo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:


1. Gras R, Suzuki E, Guillet F, Spagnolo F. *Statistical Implicative Analysis. Theory and Applications* [en línea]. Berlín: Springer-Verlag; 2008 [citado 22 de septiembre 2019]. Disponible en: <https://www.springer.com/gp/book/9783540789826>.
2. Gras R. Genese et developpement de l'analys estatistique implicative: retrospective Historique. *Educ. Matem. Pesq. São Paulo* [revista en internet]. 2014 [citado 22 de septiembre 2019]; 16(3): 645-661. Disponible en: [https://revistas.pucsp.br/emp/article/viewFile/21541/pdf\\_1](https://revistas.pucsp.br/emp/article/viewFile/21541/pdf_1).
3. Gras R, Régnier JC, Lahanier Reuter D, Marinica C, Guillet F. *L'Analyse Statistique Implicative. Des Sciences dures aux Sciences Humaines et Sociales* [en línea]. 3a ed. Francia: Cepaduès; 2017 [citado 22 de septiembre 2019]. Disponible en: <https://www.cepadues.com/livres/l-analyse-statistique-implicative-edition-sous-direction-regis-gras-9782364935778.html>.
4. Turgut M. Synergies among students' thinking modes and representation types in linear algebra: employing statistical implicative analysis. *Intern. Jou. Mathem. Educ. Sci. Techn.* [revista en internet]. 2018 [citado 22 de septiembre 2019]; 49(8): 1181-1202. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/0020739X.2018.1443221>.
5. Delacroix T, Boubekki A. An application of multiple behavior SIA for analyzing data from student exams. *Educ. Matem. Pesq.* [revista en internet]. 2014 [citado 22 de septiembre 2019]; 16(3): 795-812. Disponible en: <https://revistas.pucsp.br/emp/article/view/21579/pdf>.
6. Klimentová L, Rybanský L. Examination of fraction concept formation using statistical implicative analysis. 9th International Conference on Education and New Learning Technologies [en línea]. Barcelona: EDULEARN17 Proceedings; 2017 [citado 22 de septiembre 2019]. pp. 6024-6030. Disponible en: <https://library.iated.org/view/KLIMENTOVA2017EXA>.
7. Caputo LN, Jorge MJ, Espinoza RF, Porcel E, Romero JL. Análisis estadístico implicativo de los conocimientos previos sobre números reales de ingresantes a la universidad. *Cad. Do Ime - Série Estatística* [revista en internet]. 2016 [citado 22 de septiembre 2019]; 41: 30-44. Disponible en: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/cadest/article/view/25323>.
8. Montes MD, Ursini S. CHIC en el análisis de las actitudes hacia las matemáticas en estudiantes de secundaria. *Educ. Matem. Pesq.* [revista en internet]. 2014 [citado 22 de septiembre 2019]; 16(3): 901-924. Disponible en: <https://revistas.pucsp.br/emp/article/view/21583>.

9. Quoc Phan N, Hoai Dang P, Xuan Huynh H. Statistical Implicative Similarity Measures for Userbased Collaborative Filtering Recommender System. *Inter. Jou. Adv. Comp. Sci. Appl.* [revista en internet]. 2016 [citado 22 de septiembre 2019]; 7(11): 140-146. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/0dcf/74c1975c1eb148d2fd9e1eb34a8277b90feb.pdf>.
10. Pérez Caraballo G, Acioly Régnier NM, Régnier JC. Competences professionnelles et linguistiques de professionnels de sante dans l'espace frontalier Uruguayen Bresilien: contribution de l'A.S.I. dans le champ de la psychologie interculturelle. *Educ. Matem. Pesq.* [revista en internet]. 2014 [citado 22 de septiembre 2019]; 16(3): 813-853. Disponible en: <https://www.hal.inserm.fr/hal-01097638/>.
11. Couturier R, Pazmiño R. Use of Statistical Implicative Analysis in Complement of Item Analysis. *Inter. Jou. Inf. Educ. Technol.* [revista en internet]. 2016 [citado 22 de septiembre 2019]; 6(1). Disponible en: <http://www.ijiet.org/vol6/655-DL0026.pdf>.
12. Pérez MG, Pazmiño R, Andaluz V. Cuasi-Implicación Estadística Y Determinación Automática De Clases De Equivalencia en Imágenes De Resonancia Magnética De Cerebro. *Rev. Politécnica* [revista en internet]. 2014 [citado 22 de septiembre 2019]; 34(1). Disponible en: [https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/260/pdf](https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/260/pdf).
13. Marín Martínez P. Probability distribution of the classical implication intensity seen as a random variable in Statistical Implicative Analysis [Tesis]. España: Universitat Jaume I de Castellón; 2017 [citado 22 de septiembre 2019]. Disponible en: [http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/171834/TFM\\_2017\\_MarinMartinez\\_Paloma.pdf?sequence=1](http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/171834/TFM_2017_MarinMartinez_Paloma.pdf?sequence=1).
14. Bodin A, Giovannini ML, Silva L. L'utilisation de l'analyse implicative et cohésitive pour exploiter un test standardisé de mathématique. *Ital. Jou. Educ. Rese.* [revista en internet]. 2017 [citado 22 de septiembre 2019]; 19. Disponible en: <https://ojs.pensamultimedia.it/index.php/sird/article/view/2547/2275>.
15. Phuong Phan L, Huu Huynh H, Xuan Huynh H. Recommendation using Rule based Implicative Rating Measure. *Inter. Jou. Adv. Comp. Sci. Appl.* [revista en internet]. 2018 [citado 22 de septiembre 2019]; 9(4). Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Hiep\\_Huynh2/publication/324966911\\_Recommendation\\_using\\_Rule\\_based\\_Implicative\\_Rating\\_Measure/links/5b1562064585151f91f9c77e/Recommendation-using-Rule-based-Implicative-Rating-Measure.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Hiep_Huynh2/publication/324966911_Recommendation_using_Rule_based_Implicative_Rating_Measure/links/5b1562064585151f91f9c77e/Recommendation-using-Rule-based-Implicative-Rating-Measure.pdf).
16. Zamora Matamoros L, Díaz Silvera J R, Portuondo Mallet L. Fundamental Concepts on Classification and Statistical Implicative Analysis for Modal Variables *Rev. Colomb. Estad.* [revista en internet]. 2015 [citado 22 de septiembre 2019]; 38(2): 335- 51. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/estad/articulo/view/51664/51675>.
17. Zamora Matamoros L, Díaz Silvera J. Estudio de relaciones causales entre indicadores de promoción del primer año de la carrera Ciencia de la Computación con el análisis implicativo modal. *Rev. Maestro y Sociedad* [revista en internet]. 2018 [citado 22 de septiembre 2019]; 15(2): 203-212. Disponible en: <https://revistas.uo.edu.co/index.php/MyS/article/view/3520/3112>.
18. Sagaró Del Campo NM, Zamora Matamoros L. ¿Por qué emplear el análisis estadístico implicativo en los estudios de causalidad en salud? *Rev. Cub. Infor. Méd.* [revista en internet]. 2019 [citado 22 de septiembre 2019]; 11(1): 88-103. Disponible en: [http://revinformatica.sld.cu/index.php/rcim/article/view/316/pdf\\_94](http://revinformatica.sld.cu/index.php/rcim/article/view/316/pdf_94).
19. García Mederos Y, Zamora Matamoros L, Sagaró del Campo N. Análisis estadístico implicativo en la identificación de factores de riesgo en pacientes con cáncer de pulmón. *MediSan* [revista en internet]. 2015 [citado 22 de septiembre 2019]; 19(8): 947-957. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medisan/mds-2015/mds158c.pdf>.
20. Moraga Rodríguez A, Zamora Matamoros L, Sagaró del Campo NM, Moraga Rodríguez A, Rodríguez Griñán A. Análisis estadístico implicativo para la identificación de factores pronósticos de la mortalidad por cáncer de pulmón. *MediSan* [revista en internet]. 2016 [citado 22 de septiembre 2019]; 20(3): 344-353. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medisan/mds-2016/mds163j.pdf>.
21. Moraga Rodríguez A, Zamora Matamoros L, Sagaró del Campo NM, Moraga Rodríguez A, Rodríguez Griñán A. Análisis estadístico implicativo para la identificación de factores pronósticos de la mortalidad por cáncer de mama. *MediSan* [revista en internet]. 2017 [citado 22 de septiembre 2019]; 21(4): 395-406. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medisan/mds-2017/mds174c.pdf>.
22. Moraga Rodríguez A, Zamora Matamoros L, Sagaró del Campo NM, Moraga Rodríguez A, Rodríguez Griñán A. Análisis estadístico implicativo para la identificación de factores pronósticos de la mortalidad por cáncer de próstata. *MediSan* [revista en internet]. 2018 [citado 22 de septiembre 2019]; 22(1): 48-56. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medisan/mds-2018/mds181g.pdf>.

23. Paez Candelaria Y, Sagaró del Campo NM, Zamora Matamoros L. Análisis estadístico implicativo en la determinación de factores pronósticos del estado nutricional del paciente grave al egreso. *MediSan* [revista en internet]. 2018 [citado 22 de septiembre 2019]; 22(6): 431-440. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medisan/mds-2018/mds186g.pdf>.
24. Galano Vázquez K, Sagaró del Campo NM, Zamora Matamoros L, Lambert Matos Y, Mingui Carbonell E. Análisis estadístico implicativo en la identificación de factores pronósticos de mortalidad del cáncer renal. *Rev. Inf. Cient.* [revista en internet]. 2019 [citado 22 de septiembre 2019]; 98(2). Disponible en: <http://www.revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/2268>.
25. Pardo Santana S, Sagaró del Campo NM, Zamora Matamoros L, Viltre Castellanos DM. Utilidad del análisis estadístico implicativo para identificar factores pronósticos en pacientes con cáncer de mama. *Rev. Elect. Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta* [revista en Internet]. 2019 [citado 22 de septiembre 2019]; 44(4). Disponible en: <http://revzoilomarinaldo.sld.cu/index.php/zmv/article/view/1869>.
26. Sagaró Del Campo NM, Zamora Matamoros L. Métodos actuales para asegurar la validez de los estudios de causalidad en Medicina. *Gac. Méd. Espirit.* [revista en Internet]. 2019 [citado 22 de septiembre 2019]; 21(2). Disponible en: <http://revgmespirituaana.sld.cu/index.php/gme/article/view/1972/pdf>.
27. Sagaró del Campo NM, Zamora Matamoros L. Métodos gráficos en la investigación biomédica de causalidad. *Rev. Elect. Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta* [revista en Internet]. 2019 [citado 22 de septiembre 2019]; 44(4). Disponible en: <http://revzoilomarinaldo.sld.cu/index.php/zmv/article/view/1846>.


### Declaración de autoría

Nelsa María Sagaró-del-Campo

 <https://orcid.org/0000-0002-1964-8830>

Participó en la concepción y diseño del artículo, en la revisión crítica de la literatura y la elaboración de las versiones original y final.

Larisa Zamora-Matamoros

 <https://orcid.org/0000-0003-2210-0806>

Participó en la concepción y diseño del artículo, en la revisión crítica de la literatura y la elaboración de las versiones original y final.

Las autoras declaran que no existen conflictos de intereses.

Copyright Revista Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta. Este artículo está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), los lectores pueden realizar copias y distribución de los contenidos por cualquier medio, siempre que se mantenga el reconocimiento de sus autores.