

## Aspectos críticos del empleo en salud de modelos estadísticos de clasificación

### Critical aspects of the usage of statistical classification models

**Dra. Vielka González Ferrer**

Cardiocentro Ernesto Che Guevara. Santa Clara, Villa Clara. Cuba.

---

#### RESUMEN

Los modelos estadísticos de clasificación se emplean cotidianamente en salud como sistemas de evaluación que permiten construir grupos homogéneos en la ayuda de pronósticos, diagnósticos, elección de terapias y cuantas situaciones requieran la discretización como herramienta para la toma de decisiones más acertadas. Su utilidad no solo se evidencia en el ámbito médico sino que muchos de ellos ayudan a mejorar actuaciones y políticas en el sector de la salud pública. Como parte de las tecnologías sanitarias, requieren de una evaluación continua en los diferentes escenarios donde se ejecuten. Por otra parte, emplearlos de manera mecánica, sin una mentalidad crítica, puede traer más riesgos que beneficios, por lo que su poder predictivo o explicativo no justifica que sus resultados se empleen de manera incuestionada.

**Palabras clave:** modelo matemático, clasificación, puntaje, índice predictivo, índice pronóstico, evaluación de tecnologías de salud.

---

#### ABSTRACT

Statistical classification models are used every day in health care as evaluation systems allowing building homogeneous groups to help in prognostics, diagnostics, therapy choosing and any other situation. The usefulness of them is not only evident in the medical surroundings, but many of them tribute directly to the performance and policies improvement in the Public Health area. As part of the health technologies, they require a continuous assessment in the different environments they are performed. On the other hand, using them mechanically,

without a critical mentality, could bring about more risks than benefits, so their predictive or explanatory power does not justify the usage of their outcomes in an unquestioned way.

**Key words:** mathematical model, classification, score, predictive index, prognostic index, health technology assessment.

---

## INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la salud, con frecuencia es necesario determinar la probabilidad de ocurrencia de un evento o la clase a la que corresponde un elemento; en este sentido juega un papel fundamental la matemática, específicamente la estadística aplicada a la salud (Bioestadística). El uso de modelos matemáticos o estadísticos constituye uno de los instrumentos que nos ayuda a resolver los frecuentes problemas de clasificación presentes en este sector.

En términos simples, la modelación matemática es un enfoque científico para formular una explicación de un fenómeno observado y probar entonces esta formulación, para proyectar el resultado de varios experimentos bajo condiciones pertinentes.<sup>(1)</sup>

Las técnicas estadísticas se utilizan como herramientas en la generación de estos modelos, que a su vez son útiles herramientas en la solución de muchos problemas de la realidad.

En salud, la modelación matemática tiene una amplia aplicación, desde la creación de modelos epidemiológicos de transmisión de enfermedades, los destinados a la evaluación económica, hasta aquellos que ayudan a resolver problemas de clasificación, tales como: la elección de terapéuticas de manera más personalizada, elección de programas de salud más efectivos, identificación de grupos de riesgo y cuantas situaciones requieran la discretización como herramienta para la toma de decisiones más acertada.

Las escalas diagnósticas o pronósticas, también conocidos como scores de riesgo o índices predictivos, son ejemplos típicos en salud de modelos matemáticos útiles para la clasificación.

Muchos de estos tienen la ventaja de poder ser ejecutados con facilidad, incluso por personal no médico. Ejemplos concretos son: el Glasgow, que cuantifica el deterioro del nivel de conciencia en los traumatismos craneoencefálicos; el sistema de puntuación de Apgar, que permite una evaluación rápida y veraz de la vitalidad del neonato; el índice de Peel, que guía en el diagnóstico del infarto agudo del miocardio, etc. Otras escalas de amplio uso, pero más específicas del campo de la salud pública son: la escala de riesgo suicida, útil para distinguir a pacientes con tentativas de suicidio o con antecedentes de ellas; la escala de Downton, para cuantificar el riesgo de caída en el anciano; el índice de prioridad de tratamiento ortodóncico (IPTO), para identificar grupos que necesiten esta terapéutica, y así, cada una de ellas son un apoyo a la hora de tomar decisiones médicas o salubristas, permitiendo que estos procesos se realicen de forma científica.

Por tanto, los problemas de clasificación no son privativos de la medicina, o sea, no responden únicamente aun dentro del campo biomédico a la acción del médico frente al paciente. Los modelos matemáticos también pueden ser utilizados con éxito para aplicaciones propias del campo de las ciencias de la salud, permitiendo desde esta perspectiva planificar de manera más efectiva recursos y actuaciones, planificar estrategias preventivas o aportar al enfoque de investigaciones en sistemas y servicios de salud, todo lo cual ayuda a mejorar la gestión de políticas en este sector.

Antes de utilizar un modelo matemático, este necesita ser evaluado, pues en ocasiones son creados en contextos diferentes a donde se ejecutan. Se necesitan, además, decisiones sobre el nivel apropiado de complejidad para ser representado,<sup>(2)</sup> y que pueda ser comprendido por los encargados de ponerlo en práctica, por lo que la optimización en este tema constituye un reto en salud.

En este artículo se analizarán a través de una serie de preguntas, algunos aspectos críticos del empleo de modelos estadísticos de clasificación en salud.

Las preguntas son:

- ¿Pueden ser evaluados los modelos de clasificación?
- ¿Cómo puede evaluarse un modelo de clasificación?
- ¿Puede considerarse reduccionista el uso de modelos matemáticos en salud?
- ¿Tienen los modelos de clasificación “la última palabra” por su poder predictivo o explicativo?

## MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos en la red de Infomed como Hinari, Pubmed, Scielo. Se emplearon las palabras claves: modelo matemático, clasificación, puntaje, índice predictivo, índice pronóstico, evaluación de tecnologías de salud; y los operadores booleanos “and, or”. Se consultaron 27 referencias bibliográficas donde el más del 70% pertenece a los últimos cinco años y de ellas más del 75% a los últimos tres años.

## DISCUSIÓN

¿Pueden ser evaluados los modelos de clasificación?

Como toda tecnología, requiere de ser evaluada continuamente, esta evaluación adquiere mayor importancia por su uso en un sector tan sensible como lo es el de salud, y, por tanto, se impone que se realice con rigor científico.

Tal como indica Lunneborg (1994), el modelado estadístico se refiere al proceso por el que los modelos son construidos, evaluados y modificados. Es decir, el modelador no culmina el trabajo de construcción de estos instrumentos, hasta que no comprueba su aplicabilidad en la práctica.<sup>(3)</sup>

La exportación y apropiación de muchos modelos matemáticos en salud es a veces limitante para su eficiente uso, por el hecho de haber sido creados en contextos

socioculturales diferentes. Muchas de las variables que se emplean para su confección dependen de disímiles factores, por lo que su influencia o la intensidad de estos sobre el hecho en cuestión que se analiza, puede variar de una región a otra modificando el resultado de la clasificación.

Por ejemplo, algunos modelos de frecuente uso, sobreestiman o subestiman determinados eventos en dependencia del lugar donde se empleen. Ejemplo del primer caso es el modelo de Framingham, que sirve para determinar el riesgo de padecer un episodio coronario en los próximos 10 años. Estos estudios se originaron en Massachusetts, Estados Unidos, pero al ser utilizados en países europeos caracterizados por una baja incidencia de eventos cardiovasculares respecto al lugar de origen, sobreestimaban en gran medida el riesgo absoluto de enfermedad cardiovascular, lo que podía influir al utilizar ese modelo en la decisión de tratar un exceso de pacientes en países como España o Italia, en base a una sobreestimación del riesgo real.

Este hecho se corroboró mediante un proceso de evaluación y esta inquietud creó la necesidad de desarrollar un modelo más adecuado para este entorno, y así, en el 2003 se publicó un trabajo correspondiente a la estimación del riesgo de desarrollar en 10 años una enfermedad cardiovascular fatal en países de Europa (proyecto SCORE).<sup>(4)</sup> Posteriormente, en este mismo continente, se elaboraron modelos para países de alto y bajo riesgo, dentro de estos últimos se incluye España, donde se han hecho calibraciones del Framingham a partir de la población de Cataluña (REGICOR) y de Navarra (RICORNA).<sup>(5)</sup>

Este ejemplo, nos ilumina sobre la necesidad de analizar la tecnología teniendo en cuenta las circunstancias del lugar donde ha de ser aplicada. Los modelos matemáticos, pueden adaptarse a otras regiones, siempre que se adecuen a la realidad de las mismas.

El empleo cada vez mayor de estos modelos en salud como apoyo a la toma de decisiones, requiere de los profesionales mantener una posición crítica ante ellos, que los lleve a cuestionarse sobre sus orígenes, características y modos de uso en la valoración de sus posibilidades de apropiación o adaptación.

En este ámbito, adquieren gran sentido las palabras del filósofo argentino Mario Bunge: "Lejos de ser autónoma, la ciencia florece o se marchita junto con la sociedad. Lo mismo pasa con la tecnología, las humanidades y las artes".<sup>(6)</sup>

¿Cómo puede evaluarse un modelo de clasificación?

La validación de un modelo matemático, consiste básicamente en la comprobación en la práctica de su poder de predicción.

Desde una perspectiva estadística, lo esencial para cuantificar el desempeño total del modelo es la distancia entre el resultado predicho y el resultado actual. La distancia es  $Y - \hat{Y}$  para los resultados continuos, y para los resultados binarios,  $\hat{Y}$  es igual a la probabilidad predicha  $p$ .<sup>(7,8)</sup>

Para realizar este proceso, lo más común es medir su capacidad de discriminación y su calibración.<sup>(9)</sup>

La discriminación es el grado en que el modelo distingue entre individuos en los que ocurre el evento y los que no. Como medida de la discriminación se usa el área bajo la curva ROC construida para la probabilidad predicha por el modelo, que representa, para todos los pares posibles de individuos formados por un individuo

en el que ocurrió el evento y otro en el que no, la proporción de los que el modelo predice una mayor probabilidad para el que tuvo el evento.<sup>(7,10,11)</sup>

La curva ROC representa la sensibilidad vs. la fracción de falsos positivos (complemento de la especificidad) para cada umbral de decisión posible.<sup>(12,13)</sup>

La sensibilidad es definida como la fracción de las clasificaciones de verdaderos positivos (VP), entre el número total de pacientes con el resultado, y la especificidad como la fracción de las clasificaciones de verdaderos negativos entre el número total de pacientes sin el resultado.<sup>(7,13,14)</sup> Para clasificar a un paciente como positivo o negativo, se necesita aplicar un punto de corte para la probabilidad predicha. Si la predicción es más alta que el punto de corte, el paciente es clasificado como positivo, si no, como negativo.<sup>(7,12)</sup>

La calibración hace referencia al grado de correspondencia entre la frecuencia de eventos predichos por el modelo y la frecuencia de eventos observada en la población.<sup>(15)</sup> Estas distancias entre los resultados observados y predichos están relacionados con el concepto de "bondad de ajuste" de un modelo, los mejores modelos serán los que tiene distancias más pequeñas entre resultados observados y predichos. Para los modelos que valoran resultados binarios, se utiliza con frecuencia el test de Hosmer-Lemeshow. Usualmente los pacientes son agrupados por deciles de las probabilidades predichas. La suma de las probabilidades predichas es el número de resultados esperados. Este número esperado es comparado con el número observado en los diez grupos por medio de la prueba Ji cuadrado ( $X^2$ ).<sup>(7)</sup>

Recientemente se han introducido nuevos métodos que evalúan la calidad de las clasificaciones. Entre ellos se incluyen las técnicas de reclasificación del riesgo<sup>(16)</sup> y el análisis de decisión; las primeras ofrecen una visión de la utilidad clínica de determinado marcador al estimar en cuántos pacientes se reclasifica el riesgo al añadirlo al modelo, y las segundas intentan cuantificar la utilidad clínica del modelo predictivo al mostrar el beneficio neto alcanzado al tomar decisiones basándonos en él.<sup>(8,17)</sup>

Pueden ser utilizados como métodos secundarios de evaluación, las revisiones de la literatura en búsqueda de resumir la información disponible en diversos estudios sobre el modelo que se esté analizando y conocer así las condiciones bajo las que fueran creados, además de conocer el fundamento teórico de las variables incluidas en el mismo.

Ahora bien, la credibilidad de un modelo es la preocupación fundamental de los decisores a la hora de utilizarlos en el proceso de toma de decisiones, por lo que el concepto de validación de un modelo no debería aislarse de los decisores y el proceso de toma de decisiones, ya que es la interacción entre el modelador y el cliente, al desarrollar la comprensión mutua de un modelo, la que establece su significación y garantía.<sup>(18)</sup>

Estos instrumentos, además de tener una justificación práctica, es decir, que midan un resultado importante, deben ser fáciles de usar y de analizar sus resultados.<sup>(19)</sup>

Hoy día existe una tendencia hacia la creciente complejidad de los modelos, que si bien le permite a los científicos dirigirse de manera creciente hacia dimensiones sutiles o complejas de un problema político, propone desafíos potenciales, como la aparición de efectos imprevistos al aumentar el número de variables, o parámetros. Vale recordar en este punto, las siguientes palabras de Einstein: "Todo debe hacerse tan simple como sea posible, pero no simplista".<sup>(20)</sup>

El desarrollo de modelos para predecir un fenómeno en particular no es una tarea fácil. Obtener modelos de pronóstico que presenten altos niveles de correcta clasificación, conlleva a realizar profundos estudios de los problemas concretos que se estén tratando.<sup>(21)</sup>

¿Puede considerarse reduccionista el uso de modelos matemáticos para la clasificación en salud?

La creación de modelos matemáticos en salud, con su consecuente formación de grupos, pudiera parecer una simplificación matemática que para muchos no resultaría operativo aplicarlo a problemas sanitarios.

La construcción de estos modelos a partir de la combinación de múltiples variables, es una demanda creciente de las especialidades médicas y no médicas. Nuestro mundo multivariante complejo, cada vez mejor abordado a través de medios diagnósticos y más conocimiento acumulado, demanda de técnicas capaces de sintetizar esa complejidad y hacerla aprehensible para la mente humana.

Actualmente, el bioestadístico juega un papel fundamental en la toma de decisiones médicas, teniendo en cuenta el uso creciente de criterios de clasificación conjunta, el desarrollo de técnicas multivariantes más sofisticadas, que ayudan con su buen manejo a que estas decisiones tengan la rapidez y calidad requeridas.<sup>(22)</sup>

Los modelos matemáticos pueden usarse para informar las decisiones políticas en salud, sintetizando un rango diverso de evidencia dentro de un marco coherente y explícito. El uso de modelos matemáticos evita solo la intuición y, en algunos casos, el riesgo, tiempo y costo asociados con la investigación primaria. Por definición, los modelos involucran la asunción, la abstracción y simplificación. Sin embargo, las asunciones pueden hacerse explícitas y el impacto de asunciones inciertas sobre los resultados del modelo puede evaluarse formalmente.<sup>(23)</sup>

El desarrollo de modelos matemáticos en salud, emerge como un vínculo importante entre la estadística y la práctica médica, se sistematiza la mejor evidencia en la búsqueda de variables que expliquen o predigan determinados fenómenos de manera que se convierten en herramientas importantes para reducir las incertidumbres de la ciencia médica garantizando mejores actuaciones.<sup>(24)</sup>

No se trata de reducir al paciente a un conjunto de síntomas y signos, que traducidos al lenguaje estadístico resultarían ser las variables del modelo; el empleo de estos modelos en salud, está encaminado a ayudar al médico o salubrista a decidir en su actuar diario profesional.

¿Tienen los modelos de clasificación "la última palabra" por su poder predictivo o explicativo?

Los modelos de clasificación se utilizan ampliamente en la investigación de ciencias de la salud. Estos pueden ser explicativos cuando son creados con el objetivo de explicar las interrelaciones que existen entre ciertas variables, o predictivos, cuando intentan predecir determinado suceso.

Estos modelos se crean aprovechando las regularidades de las respuestas ante determinados fenómenos, pero no están aptos para explicar el porqué de los sucesos. A partir de ellos se puede llegar a conclusiones válidas que dependen de la plausibilidad biológica que tengan, así como del resultado de la previa evaluación de los mismos.

Es importante, que tanto modeladores como decisores sepan, que elaborar un modelo no es un fin sino un medio para comprender mejor el fenómeno que se estudia. Los modelos pueden tratarse como las versiones computacionales de experimentos de laboratorio,<sup>(20)</sup> pero no sustituyen ensayos clínicos randomizados.<sup>(25)</sup>

Estos, más que generar nueva información, ofrecen evidencias a favor de cierta decisión tomada.

Para la correcta utilización de un modelo, es conveniente saber cómo ha sido obtenido, a qué población se aplica, sus posibilidades y también sus deficiencias. En esta época de alta tecnología sigue siendo útil mantener una mentalidad analítica y crítica sobre nuestros conocimientos y recordar que casi siempre los modelos, sobre todos si son estadísticos, solo son un paso más en el proceso de conocimiento.<sup>(26)</sup>

La modelación tiene carácter subjetivo durante su formulación, el dominio de la solución de problemas y las variables a considerar abarcan decenas y hasta miles de soluciones. Seleccionar unas cuantas es un proceso que lleva la impronta del investigador.<sup>(27)</sup>

Es por eso, que los profesionales de hoy día deben asumir una posición científicamente crítica con relación a las tecnologías sanitarias de manera general y en particular a los modelos matemáticos, empleándolos con extrema cautela y sapiencia.

La modelación sinérgica y planificada entre las comunidades de salud científicas, administrativas y públicas, es medular para proporcionar evidencia basada en información y aplicar conocimientos prácticos para diseñar e implementar estrategias importantes de intervención por los profesionales de salud y los practicantes.<sup>(1)</sup> Estos esfuerzos sinérgicos deben establecerse con el fin de dirigir las necesidades urgentes de los decisores de las políticas de salud pública. Por lo que es, en definitiva, la comunicación entre los integrantes del grupo de trabajo quien tiene la "última palabra" y le da sentido práctico a un modelo en la solución de un problema sanitario.

## CONCLUSIONES

La amplia aplicación en salud de los modelos de clasificación, hace que los Bioestadísticos presten especial interés en su desarrollo y validación. Esta última depende en gran medida de la comprensión que se tenga de los modelos por parte de los decisores, para que puedan emplearse de manera eficaz como apoyo a la toma de decisiones, y que favorezcan finalmente el cumplimiento del objetivo fundamental del Sistema de Salud Cubano: elevar constantemente el nivel de salud de la población.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1- Star Leona, Moghadas SM. The role of mathematical modelling in public health planning and decisión making. Purple paper [Internet]. 2010 Dec [citado 12 Sep 2014]; 22: [aprox. 3 p.]. Disponible en: [http://www.nccid.ca/files/Purple\\_Paper\\_Note\\_mauve/PP\\_22\\_EN.pdf](http://www.nccid.ca/files/Purple_Paper_Note_mauve/PP_22_EN.pdf)

- 2- Garnett GP, Cousens S, Hallett TB, Steketee R, Walker N. Mathematical models in the evaluation of health programmes. *Lancet*. 2011;378(9790):515-25. Citado en PubMed; PMID: 21481448.
  
- 3- Lunneborg CE. *Modelling Experimental and Observational Data*. Belmont, Ca: Duxbury Press; 1994.
  
- 4- Molinero L.M. Modelos de riesgo cardiovascular. Estudio de Framingham Proyecto SCORE [Internet]. España: Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. Liga Española para la lucha contra la hipertensión arterial; 2003 [citado 20 May 2014]. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=061395&pid=S1012-2966200700020000500017&lng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=061395&pid=S1012-2966200700020000500017&lng=es)
  
- 5- Fernández Olmo MR. Midiendo el riesgo cardiovascular. *Rev Española Cardiol* [Internet]. 2014 [citado 20 May 2014];67: 77-9. Disponible en: <http://www.secardiologia.es/practica-clinica-investigacion/blog-cardiologia-hoy/revista-espanola-cardiologia/5143-midiendo-el-riesgo-cardiovascular>
  
- 6- Bunge M. *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires: Editorial Suramericana; 2014.
  
- 7- Kleinbaum DG, Klein M. Assessing discriminatory performance of a binary logistic model: Roc curves. En: *Logistic Regression, Statistics for Biology and Health*. Springer Science + Business Media, LLC; 2010. p. 345-87.
  
- 8- Steyerberg EW, Vickers AJ, Cook NR, Gerds Th, Gonen M, Obuchowski N, et al. Assessing the performance of prediction models. A Framework for traditional and novel measures. *Epidemiology*. 2010;21:128-38. Citado en PubMed; PMID: 20010215.
  
- 9- Collins GS, de Groot JA, Dutton S, Omar O, Shanyinde M, Tajar A, et al. External validation of multivariable prediction models: a systematic review of methodological conduct and reporting. *BMC Med Res Methodol*. 2014 Mar 19;14:40. Citado en PubMed; PMID: 24645774.
  
- 10- Gonçalves L, Subtil A, Oliveira MR, Bermudez PZ. ROC curve estimation: an overview. *RevStat – Statistical JI* [Internet]. 2014 [citado 20 May 2014];12(1):1–20. Disponible en: <http://www.ine.pt/revstat/pdf/rs140101.pdf>
  
- 11- Hajian-Tilaki K. Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve Analysis for Medical Diagnostic Test Evaluation. *Caspian J Intern Med*. 2013;4(2):627-35. Citado en PubMed; PMID: 24009950.
  
- 12- Klawonn F, Hoppner F, May S. An Alternative to ROC and AUC Analysis of Classifiers. In: Gama J, Bradley E, Hollmén J, editors. *Advances in Intelligent Data Analysis X*. 10th International Symposium, IDA 2011, Porto, Portugal, October 29-31, 2011. Berlín: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2011. p. 210–21.
  
- 13- Kumar R, Indrayan A. Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve for Medical Researchers. *Indian Pediatrics* [Internet]. 2011 April [citado 20 May 2014];48(4):277-87. Disponible en: [http://download.springer.com/static/pdf/736/art%253A10.1007%252Fs13312-011-0055-4.pdf?auth66=1411916648\\_bd8c6556a01744e80e7f72dc78cac946&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/736/art%253A10.1007%252Fs13312-011-0055-4.pdf?auth66=1411916648_bd8c6556a01744e80e7f72dc78cac946&ext=.pdf)
  
- 14- Devlin SM, Thomas EG, Emerson SS. Robustness of approaches to ROC curve

modeling under misspecification of the underlying probability model. *Communications in Statistics—Theory and Methods* [Internet]. 2013 [citado 20 May 2014]; 42(20): 3655-64. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03610926.2011.636166>

15- Sanchis J, Avanzas P, Bayes-Genis A, Pérez de Isla L, Heras M. Nuevos métodos estadísticos en la investigación cardiovascular. *Rev Esp Cardiol* [Internet]. 2011 [citado 20 May 2014]; 64(6): 499–500. Disponible en: <http://www.revespcardiol.org/es/nuevos-metodos-estadisticos-investigacion-cardiovascular/articulo/90020791/>

16- Pencina MJ, D'Agostino RB, Steyerberg EW. Extensions of net reclassification improvement calculations to measure usefulness of new biomarkers. *Stat MED*. 2011; 30:11-21. Citado en PubMed; PMID: 21204120.

17- Steyerberg EW, Van Calster B, Pencina MJ. Medidas de rendimiento de modelos de predicción y marcadores pronósticos: evaluación de las predicciones y clasificaciones. *Rev Esp Cardiol* [Internet]. 2011 [citado 20 May 2014]; 64(9): 788-94. Disponible en: <http://www.revespcardiol.org/es/medidas-del-rendimiento-modelos-prediccion/articulo/90025320/>

18- Chilcott JB, Tappenden P, Rawdin A, Johnson M, Kaltenthaler E, Paisley S, et al. Avoiding and identifying errors in health technology assessment models: qualitative study and methodological review. *Health Technol Assess*. 2010 May; 14(25): III-IV, IX-XII, 1-107. PubMed PMID: 20501062.

19- Freitas A. Comprehensible classification models - a position paper. *ACM SIGKDD Explorations* [Internet]. 2013 [citado 24 Oct 2013]; 15(1): [aprox. 2 p.]. Disponible en: <http://kar.kent.ac.uk/id/eprint/38534>

20- Basu S, Andrews J. Complexity in Mathematical Models of Public Health Policies: A Guide for Consumers of Models. *PLoS Med*. 2013 Oct 29; 10(10): e1001540. Citado en PubMed PMID: 24204214.

21- Curbelo Martínez M, Pérez Fernández D, Gómez Dorta R. La matemática aplicada como herramienta en la toma de decisiones para la gestión de seguridad y salud en el trabajo. *Rev Universidad y Sociedad* [Internet]. 2012 [citado 24 Oct 2013]; 4(1): 1-8. Disponible en: <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/download/292/156>

22- González Ferrer V, Alegret Rodríguez M, Betancourt Cervante J. Curvas Receiver Operating Characteristic y matrices de confusión en la elaboración de escalas diagnósticas. *Revista eSalud.com* [Internet]. 2011 [citado 02 May 2014]; 7(26): [aprox. 4 p.]. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4201589.pdf>

23- Squires H, Tappenden P. Mathematical modelling and its application to social care [Internet]. London: School for Social Care Research; 2011 [citado 23 Jun 2014]. Disponible en: [http://www.indstat.se/lagradefiler/kopiera\\_lagrade.php](http://www.indstat.se/lagradefiler/kopiera_lagrade.php)

24- Guerrero Pupo JC, Amell Muñoz I, Cañedo Andalia R. Tecnología, tecnología médica y tecnología de la salud: algunas consideraciones básicas. *ACIMED* [Internet]. 2004 Ago [citado 2 Mar 2014]; 12(4): 1-1. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352004000400007&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000400007&lng=es)

25- Castillo-Riquelme M. El uso de modelos matemáticos en evaluación económica de intervenciones de salud. Rev Méd Chile [Internet]. 2010 [cited 12 Ago 2014];138(supl. 2): [aprox. 4 p.]. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872010001000008](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872010001000008)

26- Molinero Luis M. Métodos estadísticos de clasificación [Internet]. España: Sociedad Española de Hipertensión. Liga Española para la Lucha contra la Hipertensión Arterial; 2002 [citado el 10 Marzo de 2014]. Disponible en: <http://www.seh-lelha.org/clasifica.htm>

27- Trinchet Varela C, Selva Suárez AL, Trinchet Soler R, Silva Reyes M, Píriz Assa A. La modelación de los objetos y procesos como método para validar los resultados de la investigación científica. Panorama Cuba y Salud [Internet]. 2014 [citado el 10 Marzo de 2014];9(1):29-34. Disponible en: <http://www.revpanorama.sld.cu/index.php/panorama/article/viewFile/5/pdf>

Recibido: 16 de septiembre de 2014.  
Aceptado: 28 de septiembre de 2014.

*Vielka González Ferrer.* Cardiocentro Ernesto Che Guevara. Calle Cuba N° 610 e/ Barcelona y Capitán Velazco. Santa Clara, Villa Clara. Cuba. Correo electrónico: [vielkagf@capiro.vcl.sld.cu](mailto:vielkagf@capiro.vcl.sld.cu)

## **CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO**

González Ferrer V. Aspectos críticos del empleo en salud de modelos estadísticos de clasificación. Rev Méd Electrón [Internet]. 2014 Oct [citado: fecha de acceso];36 Supl 1. Disponible en: <http://www.revmatanzas.sld.cu/revista%20medica/ano%202014/supl1%202014/tema07.htm>