

Medición de la mortalidad de pacientes internados por enfermedad cardiovascular mediante el desarrollo de un algoritmo de inteligencia artificial

Francisco E. Peper¹, Maria B. Cardone² y Santiago Esteban¹

1. Servicio de Medicina Familiar y Comunitaria. Hospital Italiano de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

2. Facultad de Medicina, Instituto Universitario Hospital Italiano de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

Introducción: determinar la causa de muerte de los pacientes internados con enfermedad cardiovascular es de suma importancia para poder tomar medidas y así mejorar la calidad su atención y prevenir muertes evitables.

Objetivos: determinar las principales causas de muerte durante la internación por enfermedades cardiovasculares.

Desarrollar y validar un algoritmo para clasificar automáticamente a los pacientes fallecidos durante la internación con enfermedades cardiovasculares

Diseño del estudio: estudio exploratorio retrospectivo. Desarrollo de un algoritmo de clasificación.

Resultados: del total de 6161 pacientes, el 21,3% (1316) se internaron por causas cardiovasculares; las enfermedades cerebrovasculares representan el 30,7%, la insuficiencia cardíaca el 24,9% y las enfermedades cardíacas isquémicas el 14%.

El algoritmo de clasificación según motivo de internación cardiovascular vs. no cardiovascular alcanzó una precisión de 0,9546 (IC 95%: 0,9351-0,9696). El algoritmo de clasificación de causa específica de internación cardiovascular alcanzó una precisión global de 0,9407 (IC 95%: 0,8866-0,9741).

Conclusiones: la enfermedad cardiovascular representa el 21,3% de los motivos de internación de pacientes que fallecen durante su desarrollo. Los algoritmos presentaron en general buena *performance*, particularmente el de clasificación del motivo de internación cardiovascular y no cardiovascular y el clasificador según causa específica de internación cardiovascular.

Palabras clave: accidente cerebrovascular, infarto del miocardio, muerte, registros electrónicos de salud.

Measurement of mortality during hospitalization due cardiovascular disease through the development of an artificial intelligence algorithm

ABSTRACT

Introduction: determining the cause of death of hospitalized patients with cardiovascular disease is of the utmost importance in order to take measures and thus improve the quality of care of these patients and prevent preventable deaths.

Autor para correspondencia: francisco.peper@hospitalitaliano.org.ar, Peper F.E.

Recibido: 17/06/21 Aceptado: 7/03/22 En línea: 31/03/22

DOI: <http://doi.org/10.51987/revhospitalbares.v42i1.139>

Cómo citar: Peper FE, Cardone MB, Esteban S. Medición de la mortalidad de pacientes internados por enfermedad cardiovascular mediante el desarrollo de un algoritmo de inteligencia artificial. *Rev. Hosp. Ital. B.Aires.* 2022;42(1):12-20.

Objectives: to determine the main causes of death during hospitalization due to cardiovascular diseases. To development and validate a natural language processing algorithm to automatically classify deceased patients according to their cause for hospitalization.

Design: retrospective exploratory study. Development of a natural language processing classification algorithm.

Results: of the total 6161 patients in our sample who died during hospitalization, 21.3% (1316) were hospitalized due to cardiovascular causes. The stroke represent 30.7%, heart failure 24.9%, and ischemic cardiac disease 14%.

The classification algorithm for detecting cardiovascular vs. Non-cardiovascular admission diagnoses yielded an accuracy of 0.9546 (95% CI 0.9351, 0.9696), the algorithm for detecting specific cardiovascular cause of admission resulted in an overall accuracy of 0.9407 (95% CI 0.8866, 0.9741).

Conclusions: cardiovascular disease represents 21.3% of the reasons for hospitalization of patients who die during hospital stays. The classification algorithms generally showed good performance, particularly the classification of cardiovascular vs non-cardiovascular cause for admission and the specific cardiovascular admission cause classifier.

Key words: stroke, myocardial infarction, death, electronic health records.

INTRODUCCIÓN

Las principales causas de muerte en el ámbito nacional y provincial forman parte de los Indicadores Básicos de Salud de la Argentina. Estos indicadores son desarrollados por el Ministerio de Salud de la Nación con apoyo de la Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS)¹, lo cual se lleva a cabo desde 1996 e incluye secciones de indicadores demográficos, socioeconómicos, de recursos, de acceso y cobertura, de morbilidad, de mortalidad y de salud maternoinfantil.

Según los datos de la última edición (2015) se desprende que, en la Argentina, las enfermedades no transmisibles causan más del 70% de las muertes¹. Dentro de este grupo, las enfermedades cardiovasculares representan la principal causa de muerte (40,2%), con una tasa bruta de mortalidad ajustada a edad de 184,34 cada 100 000 habitantes, seguida por los tumores y las causas externas –traumatismo no intencional (antes denominado accidente), homicidios y suicidios–.

Desde el punto de vista sanitario, la medición de las tasas de mortalidad tiene la ventaja de que la muerte es un evento único y definitivo a diferencia de la morbilidad, que a menudo ofrece un espectro de gravedad que puede ser difícil de registrar con precisión. Las tasas de mortalidad, ajustadas por los diferentes modificadores de efecto, pueden actuar como marcadores de un resultado “duro” de la asistencia en salud². También a nivel hospitalario, los informes de mortalidad se han convertido en un importante y efectivo indicador de la calidad de los servicios proporcionados por las instituciones, lo que permite compararlas con otras, incluso entre diferentes regiones³. El Hospital Italiano de Buenos Aires cuenta con una Historia Clínica Electrónica (HCE) desde 2005, que conserva información relevante para determinar la causa

de muerte de sus pacientes en el ámbito intrahospitalario. Vale destacar que, si bien los registros electrónicos de salud son una fuente importante de información, gran parte de esa información se almacena en formato no estructurado (como texto libre). La revisión manual de los registros de texto libre lleva mucho tiempo, por lo que es de interés desarrollar algoritmos para extraer diagnósticos y otra información clínica de estos. Se trata de una tarea difícil, ya que el texto clínico puede contener una amplia gama de complejas estructuras de lenguaje y terminología, así como abreviaturas y acrónimos específicos del contexto⁴.

Justificación

Saber de qué se mueren los pacientes en un hospital es algo básico y fundamental, no solo para la estadística hospitalaria, sino también como indicador de calidad, para desarrollar trabajos de investigación ya que es un resultado duro, y lo más importante para poder conocer y tomar medidas frente a causas de muertes evitables; pero el hospital no cuenta con esta información.

Determinar la causa de muerte de los pacientes internados con enfermedades cardíacas isquémicas o enfermedades cerebrovasculares es de suma importancia para poder tomar medidas y así mejorar la calidad de su atención y prevenir muertes evitables.

En la bibliografía existe muy poca información sobre la causa de muerte de los pacientes internados por causas cardiovasculares.

Dada la información incluida en el informe final de fin de la internación (“epicrisis”) y la dificultad para realizar una revisión manual sistemática de las HCE, proponemos el desarrollo de un algoritmo que permita determinar la causa de muerte durante la internación de pacientes con causas cardiovasculares en forma automática sobre la base de la información almacenada en la HCE.

MATERIALES Y MÉTODOS

Objetivos generales

- Desarrollar y validar un algoritmo para clasificar automáticamente a los pacientes fallecidos durante la internación por causa cardiovascular, y entre estos pacientes identificar la causa final de muerte documentada en la epicrisis e información de texto libre en la HCE.
- Determinar las principales causas de muerte durante la internación por causa cardiovascular de pacientes del Hospital Italiano de Buenos Aires durante el período 1.º de enero de 2005-31 de diciembre de 2016.

Objetivos secundarios

- Determinar las principales causas de muerte durante la internación por enfermedad cerebrovascular y enfermedad cardíaca isquémica de pacientes del Hospital Italiano de Buenos Aires durante el período 1.º de enero de 2005-31 de diciembre de 2016.

Diseño del estudio

Desarrollo de un algoritmo de clasificación.
Estudio de tendencia temporal entre 2005 y 2016.

Ámbito de estudio

El Hospital Italiano de Buenos Aires cuenta con una HCE que funciona desde el año 2005 y que actualmente abarca episodios ambulatorios, de Guardia y de internación. Este sistema de registro está basado en SNOMED CT (*Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms*) y permite asentar problemas activos, pasivos, antecedentes, prácticas e indicaciones farmacológicas y no farmacológicas, motivos de consulta, de internación y diagnósticos al momento del alta. También se registran los resultados de los estudios complementarios, desde mediciones de laboratorio hasta los informes y las imágenes de los estudios por imágenes.

Población

Se incluyó una muestra aleatoria de 6161 de los 18 343 pacientes que se registraron como fallecidos en la epicrisis de la internación durante el período 1.º de enero de 2005-31 de diciembre de 2016.

Mediciones principales

Se utilizó el sistema internacional de CIE-10 desarrollado por la OMS⁵. Fueron determinadas mediante el registro de la información obtenida de la Historia Clínica Electrónica.

Motivo de internación (MI): enfermedad o lesión que condujo directamente a la internación del paciente.

Causa final de muerte: último estado patológico que condujo directamente a la muerte del paciente.

Fuente de datos

Nuestra investigación se realizó con datos secundarios de la HCE del Hospital Italiano de Buenos Aires, que fueron obtenidos a través del área de Gestión de la

Información para Investigación del Departamento de Investigación del Hospital. El dato de la muerte de los pacientes que fallecen en el hospital está adecuadamente registrado, ya que es un requisito fundamental para poder dar el alta hospitalaria de la internación.

Desarrollo y validación de algoritmos de clasificación de textos

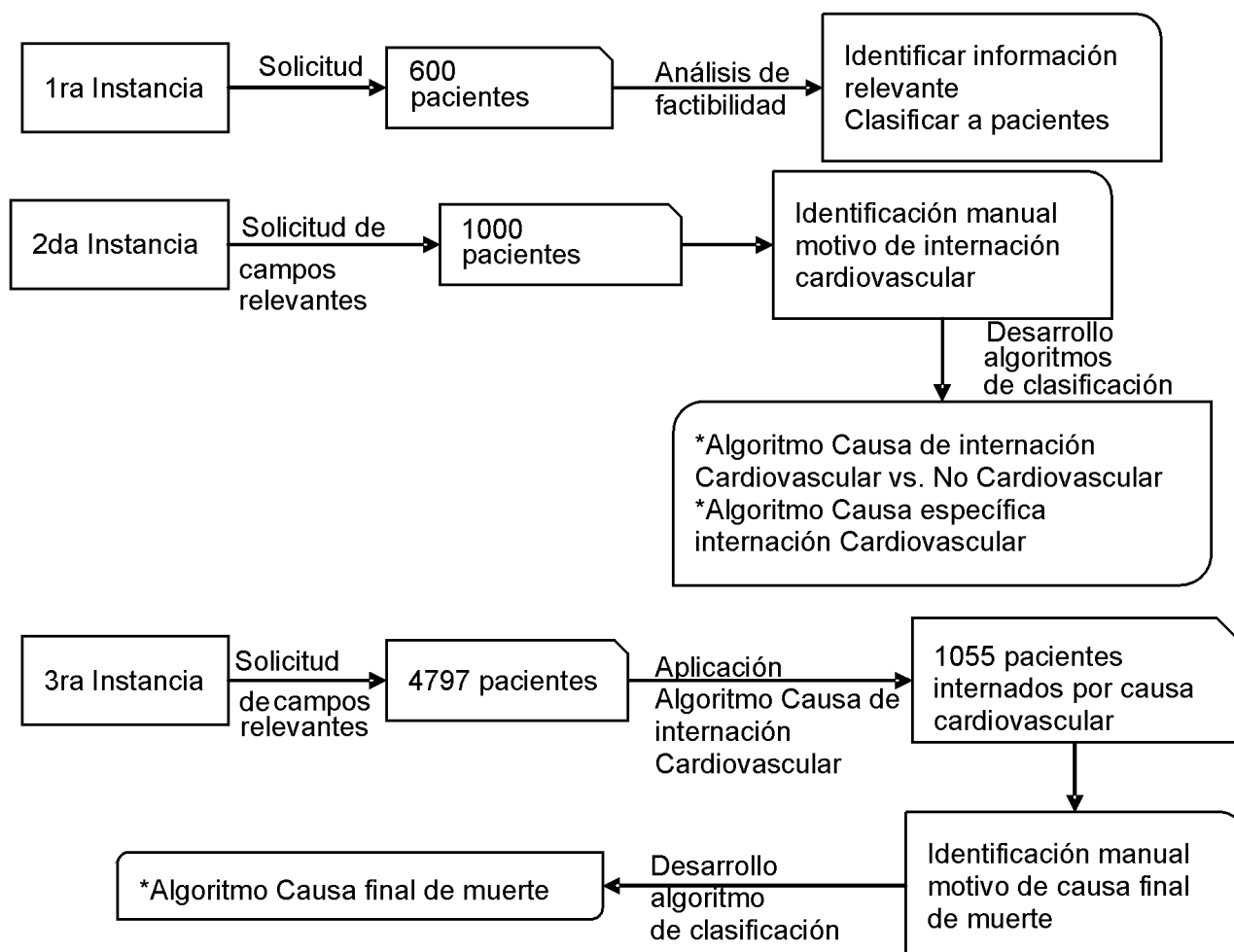
Como se observa en el flujograma (Fig. 1), se hicieron varios pedidos al Área de Gestión de la Información; los pacientes fueron seleccionados mediante aleatorización simple. En una primera instancia se solicitó la información de 600 pacientes y se realizó un análisis de factibilidad donde se evaluaron dos puntos: primero, identificar los campos de la historia clínica electrónica que contuvieran la información relevante; segundo, evaluar si con esa información se podía clasificar correctamente a los pacientes que se internaron por causa cardiovascular y fallecieron en el ínterin. Se identificaron como relevantes las epicrisis de internación, la última evolución de la Guardia y los campos estructurados de la internación (p. ej., motivo de internación, diagnóstico principal, etc.).

En una segunda instancia se solicitaron los campos relevantes, seleccionados en el paso previo, de 1000 pacientes fallecidos durante la internación para identificar manualmente a aquellos que tuvieron un motivo de internación cardiovascular. De los 1000 pacientes internados que fallecieron, 232 se internaron debido a alguna causa cardiovascular. Con estos datos se desarrollaron dos algoritmos de clasificación, uno que permite identificar el motivo de internación general en cardiovascular y no cardiovascular, y otro que clasifica las causas de internación cardiovasculares según motivos específicos, entre los que se encuentran las siguientes patologías: enfermedades cardíacas isquémicas (I20-25), enfermedades cerebrovasculares (I60-I69), insuficiencia cardíaca (I50), edema agudo de pulmón (J81), trastornos valvulares no reumáticos y otras causas menos frecuentes.

A modo exploratorio, definimos que necesitaríamos al menos 1000 casos de pacientes fallecidos internados por causa cardiovascular para entrenar los algoritmos de causa final de muerte. Teniendo en cuenta esto y sobre la base de la prevalencia del 23,2% encontrada, definimos que necesitaríamos al menos ~4310 pacientes fallecidos para desarrollar el algoritmo que identifica y clasifica las causas finales de muerte en pacientes internados por causa cardiovascular.

En la siguiente instancia se solicitaron 4797 casos; luego de aplicar los algoritmos desarrollados en el paso anterior se identificaron los pacientes que se internaron por causa cardiovascular. Con estos se identificó manualmente la causa de muerte final y luego se desarrolló el algoritmo que permite identificar dichas causas. Las causas finales de muerte identificadas fueron: shock cardiogénico (R57.0), shock hipovolémico (R57.1), shock séptico (R57.2), enfermedades cerebrovasculares (I60-I69), insuficiencia renal (N17-N19), neoplasias malignas (C00-C97) y otras causas.

Figura 1. Flujo de armado de pedidos y armado de algoritmos.



Los tres algoritmos fueron validados contra la revisión manual de los textos, que se usó como prueba de referencia (*gold standard*). Se midieron la sensibilidad, la especificidad, los valores predictivos y el *F1-score*.

En los tres casos se partió en forma aleatoria el set de datos en tres: un set de entrenamiento, uno de validación y uno de prueba. Las proporciones de partición fueron 0,8, 0,1 y 0,1, respectivamente. El set de prueba fue reservado solo para usarlo como evaluación final. Los sets de entrenamiento y validación se usaron para el desarrollo de los algoritmos.

Los datos se analizaron usando el R® (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) y Python® (Python Software Foundation. Versión 3.6).

Análisis descriptivo de las principales causas de muerte durante la internación de causa cardiovascular

Una vez desarrollados y validados los algoritmos, se aplicaron sobre la muestra total que fue solicitada en diferentes instancias para el desarrollo de los algoritmos.

Se trabajó sobre 6161 pacientes que fallecieron durante la internación; esta muestra representa el 33,58% de toda la población elegible. A los pacientes se los clasificó según su motivo de internación, sea cardiovascular o no cardiovascular. Luego a los pacientes internados por causa cardiovascular se les aplicó nuevamente el algoritmo para identificar las causas específicas de internación cardiovascular y las causas finales de muerte.

El análisis evaluó la proporción de los pacientes que se internaron por causa cardiovascular y fallecieron, sus causas específicas de internación cardiovascular y sus causas finales de muerte, durante el período 1.º de enero de 2005-31 de diciembre de 2016. También se evaluaron las proporciones de causas cardiovasculares más frecuentes y sus respectivas causas finales de muerte.

Aspectos éticos

El protocolo “Causas de mortalidad a nivel Hospitalario: Estudio exploratorio retrospectivo en el Hospital Italiano de Buenos Aires” fue aprobado por el Comité

de Ética de Protocolos de Investigación del Hospital con el número de identificación 3141. Este abarca todas las causas de internación pero, debido a su complejidad, se decidió desarrollar solo las causas de internación por enfermedades cardíacas isquémicas o enfermedades cerebrovasculares. Se trabajó de manera confidencial con los datos de los pacientes y se cumplió con la Ley 25326 de Protección de los Datos Personales.

RESULTADOS

VALIDACIÓN DE ALGORITMOS

Arquitectura final de los algoritmos

La arquitectura final consistió en una red neuronal recurrente bidireccional de memoria corto-largo plazo⁶ con mecanismo de atención⁷, apilada sobre dos capas de una red densa de clasificación. Las palabras fueron representadas mediante vectores de palabras FastText⁸.

Algoritmo de clasificación según motivo de internación cardiovascular vs. no cardiovascular

La *performance* sobre el set de prueba alcanzó una precisión de 0,9546 (IC 95%: 0,9351-0,9696), sensibilidad de 0,8686, especificidad de 0,979, valor predictivo positivo (VPP) de 0,9225, valor predictivo negativo (VPN) de 0,963 y *F1-score* de 0,895.

Algoritmo de clasificación por tipo específico de motivo de internación cardiovascular

La *performance* sobre el set de prueba alcanzó una precisión global de 0,9407 (IC 95%: 0,8866-0,9741). Para identificar las enfermedades cardíacas isquémicas (I20-25) presenta una sensibilidad de 0,687, especificidad de 1, VPP de 1, VPN de 0,96 y *F1-score* de 0,815; para las enfermedades cerebrovasculares (I60-I69) presenta una sensibilidad de 0,967, especificidad de 1, VPP de 1, VPN de 0,97 y *F1-score* de 0,96; y para las otras causas CV presenta una sensibilidad de 1, especificidad de ,86, VPP de 0,9, VPN de 1 y *F1-score* de 0,9.

Algoritmo de clasificación según causa final de muerte

La *performance* sobre el set de prueba alcanzó una precisión global de 0,78 (IC 95%:0,73-0,844).

RESULTADOS DE ANÁLISIS DESCRIPTIVOS DE LAS PRINCIPALES CAUSAS DE MUERTE

En el cuadro 1 se observan las características generales de la muestra aleatoria de 6161 pacientes que fallecieron durante la internación.

Motivos de internación

De los 6161 pacientes, 1316 se internaron por una causa cardiovascular (21,3%; IC 95%: 20,3-22,4); 29 de estos pacientes tuvieron dos motivos de internación de causa cardiovascular. En el gráfico 1 se expone la variación de la proporción de motivos de internación cardiovascular en el período de tiempo evaluado.

Cuadro 1. Características generales de la población

Descripción	Valor
n	6161
Sexo (%)	
F	3136 (50,9)
I	1 (0,0)
M	3024 (49,1)
Edad en años (mediana [RIC])	77,00 [63,00, 85,00]
Año de internación (%)	
2004	9 (0,1)
2005	333 (5,4)
2006	346 (5,6)
2007	427 (6,9)
2008	402 (6,5)
2009	456 (7,4)
2010	521 (8,5)
2011	541 (8,8)
2012	570 (9,3)
2013	584 (9,5)
2014	601 (9,8)
2015	645 (10,5)
2016	726 (11,8)
Días de internación (mediana [RIC])	8,00 [3,00, 16,00]

F: femenino, M: masculino, I: indeterminado, RIC: rango intercuartil

En los 1316 pacientes que se internaron por una causa cardiovascular y fallecieron, las enfermedades cerebrovasculares (I60-I69) representan el 30,7% (IC 95%: 28,3-33,3), la insuficiencia cardíaca (I50) el 24,9% (IC 95%: 22,6-27,3), las enfermedades cardíacas isquémicas (I20-25) el 14% (IC 95%: 12,3-15,9), el edema agudo de pulmón (J81) el 4,9% (IC 95%: 3,8-6,2) y los trastornos valvulares no reumáticos (I34-37) el 4,5% (IC 95%: 3,5-5,7). Los otros motivos de internación cardiovascular menos frecuentes se presentan en el gráfico 2. En el gráfico 3 se observan las proporciones de los diferentes motivos de internación cardiovascular y su distribución anual.

Causa final de muerte

Al igual que en el caso de los MI CV, 127 pacientes tuvieron más de un motivo de causa final de muerte. Las principales causas finales de muerte en pacientes con motivos de internación cardiovascular corresponden a shock cardiogénico (R57,0)/shock hipovolémico (R57,1) 23,9% (IC 95%: 21,8-26,2), enfermedades cerebrovasculares (I60-I69) 18,4% (IC 95%: 16,5-20,5), shock séptico (R57,2) 14% (IC 95%: 12,4-15,9), neumonía (J12-J18) 10,9% (IC 95%: 9,4- 12,6) e insuficiencia cardíaca (I50) 8% (IC 95%: 6,7-9,5). En el gráfico 4 se observan las diez causas finales de muerte más frecuentes.

Gráfico 1. Proporción de pacientes internados por motivos cardiovasculares. Pacientes fallecidos entre 2005 y 2016, Hospital Italiano de Buenos Aires (n=6161)

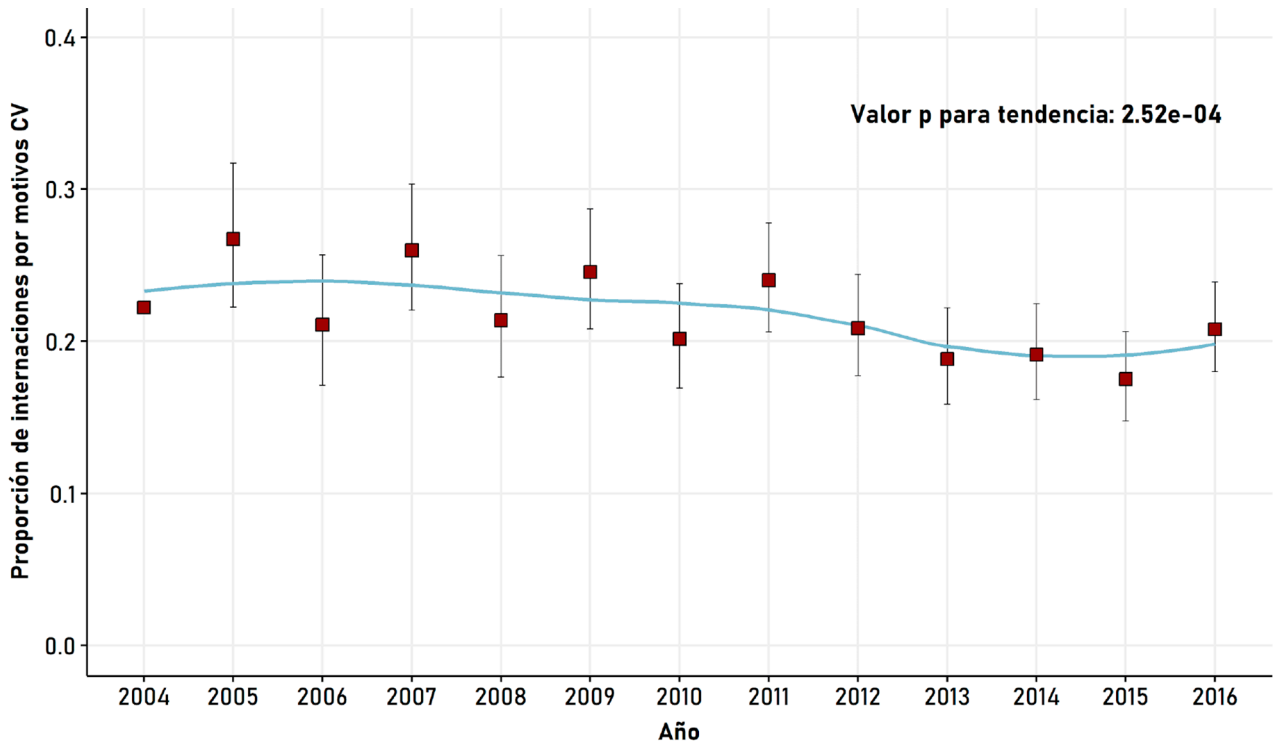
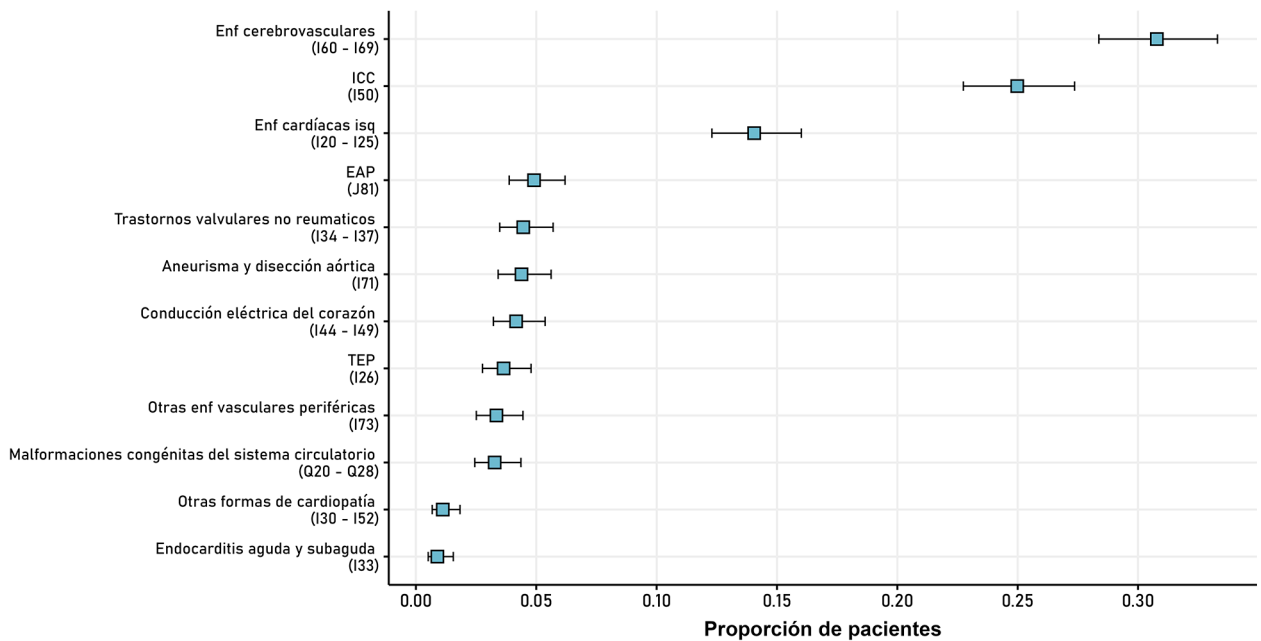
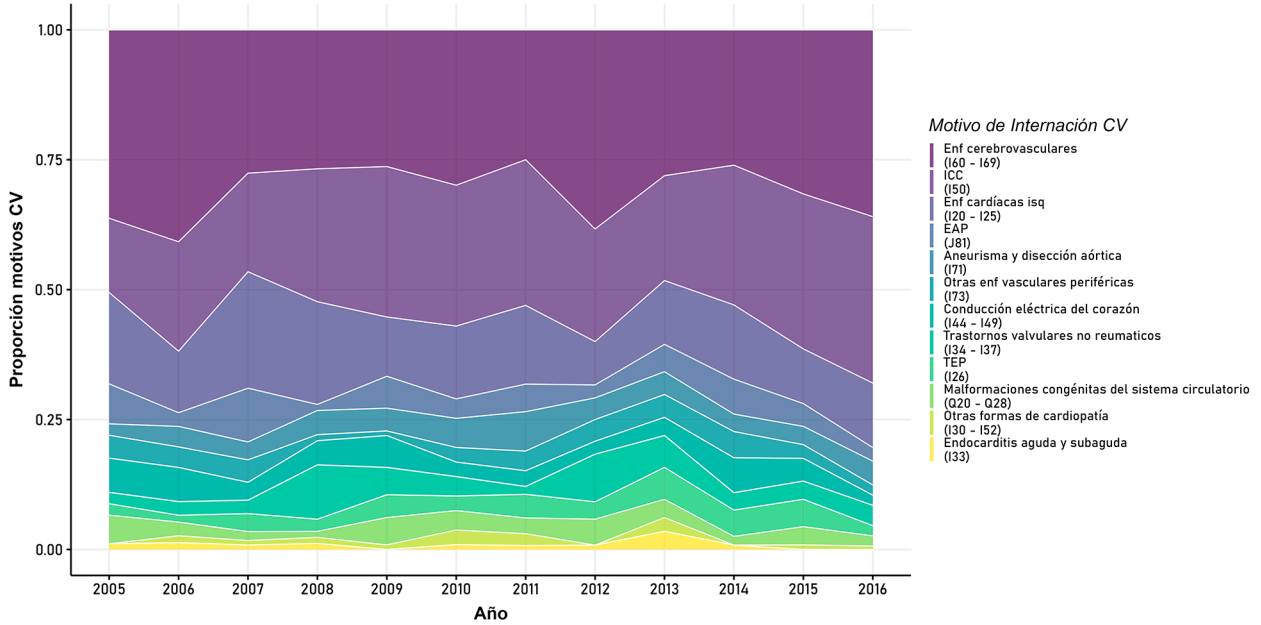


Gráfico 2. Distribución de motivos de internación cardiovascular. Pacientes fallecidos entre 2005 y 2016, Hospital Italiano de Buenos Aires



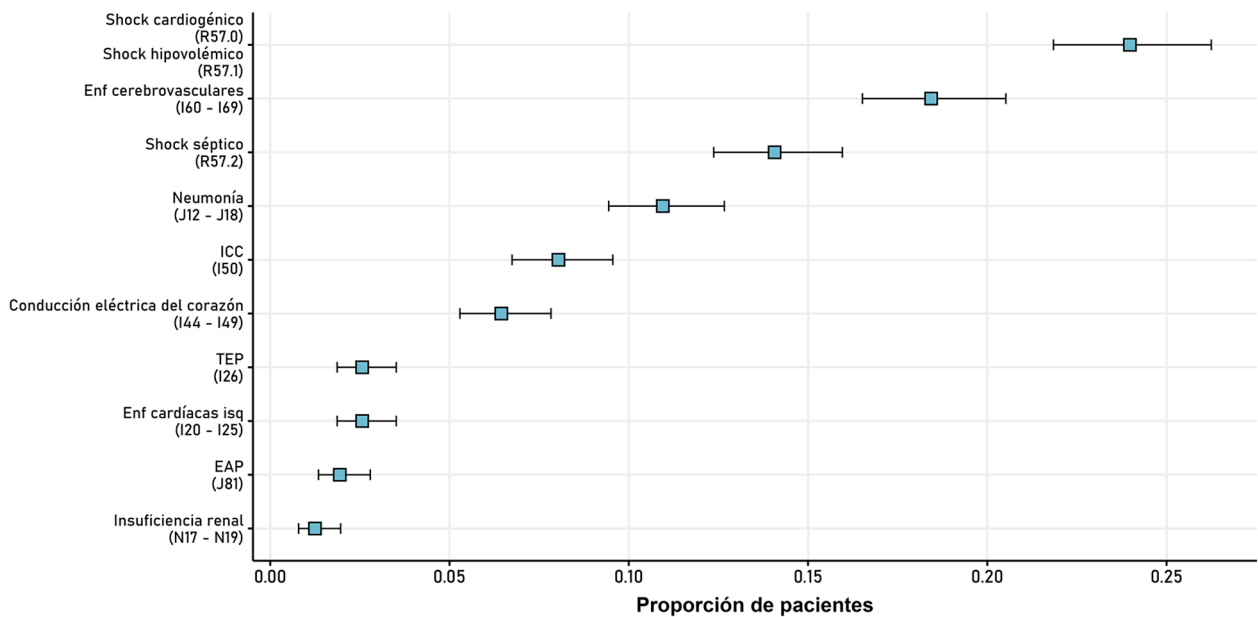
ICC: insuficiencia cardíaca congestiva; EAP: edema agudo de pulmón; TEP: tromboembolismo de pulmón.

Gráfico 3. Distribución de motivos de internación cardiovascular. Pacientes fallecidos entre 2005 y 2016, Hospital Italiano de Buenos Aires (n=6161)



ICC: insuficiencia cardíaca congestiva; EAP: edema agudo de pulmón; TEP: tromboembolismo de pulmón.

Gráfico 4. Distribución de causas finales de muerte en pacientes internados por motivos cardiovasculares (10 motivos más frecuentes). Pacientes fallecidos entre 2005 y 2016, Hospital Italiano de Buenos Aires.



ICC: insuficiencia cardíaca congestiva; EAP: edema agudo de pulmón; TEP: tromboembolismo de pulmón.

Enfermedades cardíacas isquémicas

De los pacientes con motivos de internación por enfermedades cardíacas isquémicas, el sexo masculino representa el 58,2%, con una mediana de edad de 78 años (RIC 70-84) y una mediana de internación de 6 días (RIC 2-12).

Las principales causas finales de muerte de estos pacientes corresponden a shock cardiogénico (R57,0)/shock hipovolémico (R57,1) 47,1% (IC 95%: 40,3-53,9), enfermedades cardíacas isquémicas (I20-25) 15,7% (IC 95%: 11,3-21,3), conducción eléctrica del corazón (I44-49) 9,8% (IC 95%: 6,4-14,7), shock séptico (R57,2) 9,3% (IC 95%: 6-14,1) y neumonía (J12-J18) 4,9% (IC 95%: 2,7-8,8).

Enfermedades cerebrovasculares

De los pacientes con motivos de internación por enfermedades cerebrovasculares, el sexo masculino representa el 38,8%, con una mediana de edad de 82 años (RIC 75-88) y una mediana de internación de 7 días (RIC 4-14).

Las principales causas finales de muerte de estos pacientes corresponden a enfermedad cerebrovascular (I60-I69) 55,2% (IC 95%: 50,6-59,8), neumonía (J12 - J18) 14,5% (IC 95%: 11,5-18), shock séptico (R57,2) 14,7% (IC 95%: 11,7-18,3), shock cardiogénico (R57,0)/shock hipovolémico (R57,1) 5,1% (IC 95%: 3,4-7,6) y conducción eléctrica del corazón (I44-49) 1,8 (IC 95%: 0,9-3,5).

DISCUSIÓN

Resultados clave

Los algoritmos presentaron en general buena *performance*, particularmente el de clasificación de motivos de internación cardiovascular y no cardiovascular y el clasificador específico de motivos de internación cardiovascular. El de causa final de muerte sufrió principalmente limitaciones en su *performance* por el tamaño del set de datos validados, teniendo en cuenta que hay un mayor número de categorías de clasificación. A su vez, pudimos ver, por la exploración manual de los textos, que las formas de expresión para cada categoría son muy variadas, lo cual aumenta también el número de observaciones necesarias para poder obtener un clasificador estable.

Los motivos de internación cardiovascular representan el 21,3% (IC 95%: 20,3-22,4) de los pacientes que se registraron como fallecidos en la epicrisis de la internación durante el período 1.º de enero de 2005 al 31 de diciembre de 2016. Dentro de estos, las enfermedades cerebrovasculares (I60-I69) representan el 30,7% (IC 95%: 28,3-33,3) de ellas, la insuficiencia cardíaca (I50) el 24,9% (IC 95%: 22,6-27,3) y las enfermedades cardíacas isquémicas (I20-25) el 14% (IC 95%: 12,3-15,9).

Limitaciones

La principal limitación del trabajo radica en la subjetividad del médico tratante al momento de registrar los datos en la HCE, esencialmente en cuanto a la causa final

de muerte, ya que según la profundidad de la descripción que haga en la HCE puede determinar que un paciente sea catalogado con una u otra causa final de muerte (p. ej., neumonía o shock séptico). Si bien consideramos que mientras mayor sea la información obtenida más específicas pueden ser las conclusiones, operativamente creemos que no hace tanta diferencia ya que luego podemos agruparlas como causas que corresponden directamente al motivo de internación cardiovascular, a causas infecciosas, etcétera.

Nuestra limitación principal en términos del desarrollo de los algoritmos tuvo que ver con el tamaño del set de datos validados. Una muestra mayor nos facilitaría trabajar con arquitecturas más complejas, como se ha informado en trabajos previos⁹, que permitan obtener clasificadores más estables y con mejor generalización a otros sets de datos.

Integración con trabajos previos

Según los últimos datos del Ministerio de Salud de la Nación¹, las enfermedades cardiovasculares representan la principal causa de muerte con una prevalencia del 40,2%, en contraste con el 21,3% de nuestra población hospitalaria. Esta diferencia puede deberse a que una alta proporción de personas puede fallecer por enfermedades cardiovasculares en el ámbito ambulatorio sin llegar al hospital. Una posible forma de evaluar esta hipótesis podría ser estimar las causas de mortalidad por enfermedades cardiovasculares en el ambulatorio y ver si hay diferencias con la internación.

En este mismo hospital se llevó a cabo el informe del registro de causas de muerte de junio de 2011 hasta julio de 2012 en todos los pacientes internados¹⁰, en el cual se observó que las causas circulatorias representaban el 16,5% (IC 95%: 14-18,9). En el mismo período de tiempo, en nuestro estudio, se observó que los motivos de internación cardiovascular representaban el 23% (IC 95%: 20-27). Esta diferencia puede deberse a dos factores: uno es que las causas de muerte que se usaron para conformar el grupo de "Causas circulatorias", no coincidan con las categorías que definimos para conformar los motivos de internación cardiovascular, por ejemplo que las categorías tromboembolismo pulmonar (I26) o malformaciones congénitas del sistema circulatorio (Q20- Q28) hayan sido incluidas dentro de las causas respiratorias o congénitas, respectivamente; y el otro es que –si bien su motivo de internación era cardiovascular– eso no determinó que el paciente internado por esa causa fuera catalogado como de causa circulatoria.

No encontramos trabajos que hayan desarrollado un algoritmo para clasificar automáticamente a los pacientes fallecidos durante la internación con enfermedades cardíacas isquémicas o enfermedades cerebrovasculares; sin embargo, hubo otros trabajos que desarrollaron algoritmos para identificar causas de muerte por diabetes, influenza (gripe), neumonía y HIV con resultados muy precisos (F1-score de 0,96)¹¹, o por cáncer (F1-score 0,94)¹².

CONCLUSIONES

La enfermedad cardiovascular representa el 21,3% de los motivos de internación de pacientes que fallecen durante su desarrollo. Los algoritmos presentaron en general buena *performance*, particularmente el de clasificación de motivos de internación cardiovascular y no cardiovascular y el clasificador específico de motivos de internación cardiovascular.

Conflictos de interés: los autores declaran no tener conflictos de interés.

REFERENCIAS

1. Argentina. Ministerio de Salud. Indicadores básicos Argentina 2015 [Internet]. [Buenos Aires: el Ministerio; 2015.] [citado 2021 jun 10]. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/18697>.
2. Jarman B, Pieter D, van der Veen AA, et al. The hospital standardised mortality ratio: a powerful tool for Dutch hospitals to assess their quality of care? *Qual Saf Health Care*. 2010;19(1):9-13. <https://doi.org/10.1136/qshc.2009.032953>.
3. Understanding HSMRs: a toolkit on hospital standardised mortality ratios: versión 6, October 2011 [Internet]. [London: Dr. Foster Intelligence; 2011] [citado 2021 jun 10]. Disponible en: <https://beyondclinical.files.wordpress.com/2014/01/hsmr-toolkit-version-6-october-2011.pdf>.
4. Shah AD, Martinez C, Hemingway H. The freetext matching algorithm: a computer program to extract diagnoses and causes of death from unstructured text in electronic health records. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2012;12:88. <https://doi.org/10.1186/1472-6947-12-88>.
5. Organización Panamericana de la Salud. Clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud [Internet]. 10a ed. rev. Washington, DC: OPS; 1995 [citado 2021 jun 10]. Disponible en: <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/6282/Volume1.pdf>
6. Hochreiter S, Schmidhuber J. Long short-term memory. *Neural Comput*. 1997;9(8):1735-1780. <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>.
7. Bahdanau D, Cho K, Bengio Y. Neural machine translation by jointly learning to align and translate. arXiv 1409.0473 [Preprint]. [Posted 2014 Sept 1; last rev. 2016 May 19 (this version, v7); citado 2021 jun 10]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/1409.0473> <https://doi.org/10.48550/arXiv.1409.0473>.
8. Bojanowski P, Grave E, Joulin A, et al. Enriching word vectors with subword information. arXiv 1607.04606 [Preprint]. [Posted 2016 Jul 15; last rev. 2017 Jun 17 (this version, v2); citado 2021 jun 10]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/1607.04606> <https://doi.org/10.48550/arXiv.1607.04606>.
9. Baumel T, Nassour-Kassis J, Cohen R, et al. Multi-label classification of patient notes: case Study on ICD code assignment [Internet]. AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2018;409-416 [citado 2021 jun 10]. Disponible en: <https://aaai.org/ocs/index.php/WS/AAAIW18/paper/download/16881/15610>.
10. Blugerman G, Peroni HJ, Guenzelovich T, et al. Causa de mortalidad en el ámbito de la internación: reporte del registro de causa de mortalidad en un hospital de la comunidad [Presentación]. Buenos Aires: Hospital Italiano de Buenos Aires; 2012 [citado 2021 jun 10]. Disponible en: https://www.hospitalitaliano.org.ar/multimedia/archivos/servicios_attachs/8054.pdf.
11. Koopman B, Karimi S, Nguyen A, et al. Automatic classification of diseases from free-text death certificates for real-time surveillance. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2015;15:53. <https://doi.org/10.1186/s12911-015-0174-2>.
12. Koopman B, Zuccon G, Nguyen A, et al. Automatic ICD-10 classification of cancers from free-text death certificates. *Int J Med Inform*. 2015;84(11):956-965. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2015.08.004>.
13. Argentina. Ministerio de Salud. Resolución N°1013/2018 [Internet]. Buenos Aires: el Ministerio; 2018 mayo 28 [citado 2021 jun 10]. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/310000-314999/310893/norma.htm>.