

TECNOLÓGICO DE MONTERREY

CAMPUS GUADALAJARA

**Evidencia 2. Artículo de investigación -
Redes bayesianas caso continuo**

Por

Paola Enríquez Reyes

A01741055

Luis Jesús Castillo Goyenechea

A01275697

Erik Ernesto Ocegueda Sambrano

A01639729

Juan Pablo Bernal Lafarga

A01742342

Análisis de métodos de razonamiento e
incertidumbre

Profesor Javier Edgardo Garrido Guillén

(Grupo 101)

27 de Agosto de 2023

ABSTRACT

Este artículo se centra en la aplicación de las redes bayesianas en el análisis de variables continuas, especialmente en el contexto de la salud y la enfermedad renal crónica (ERC). Las redes bayesianas, una extensión de las redes bayesianas tradicionales, se utilizan para modelar la incertidumbre en diversos campos, incluyendo la medicina.

El estudio recopila y describe variables continuas relacionadas con la ERC, como la presión arterial, la glucosa en sangre, la creatinina sérica y otras. Se propone una estructura de red basada en una Dirección Acíclica de Gráficos (DAG) para representar las relaciones hipotéticas entre estas variables. Se ajusta una Red Bayesiana Gaussiana (GBN) utilizando datos disponibles, y se evalúa su bondad de ajuste mediante criterios de información bayesiana y de Akaike.

Los resultados revelan probabilidades relacionadas con la presión arterial alta en función de niveles de glucosa y potasio, así como la probabilidad de hipertensión en pacientes con hiperpotasemia, altos niveles de creatinina y hemoglobina baja. También se analiza la probabilidad de deficiencia de albúmina en pacientes con bajos niveles de hematocritos y la probabilidad de altos niveles de creatinina

y urea en pacientes mayores con hiperglucemia y presión arterial alta.

En la discusión, se enfatiza la utilidad de las DAG y las redes bayesianas en la investigación médica, especialmente en la ERC. Se destaca la importancia de la colaboración interdisciplinaria con expertos médicos para garantizar la validez de los modelos. Aunque se reconocen limitaciones, como la ausencia de ciclos en las DAG, se considera que esta metodología puede proporcionar información valiosa para la toma de decisiones clínicas. El artículo también subraya la experiencia de aprendizaje en la colaboración entre campos de conocimiento distintos y resalta la importancia de la comprensión interdisciplinaria en la investigación.

INTRODUCCIÓN

Dentro de este artículo se busca enfocar, presentar y analizar la aplicación de las redes bayesianas en contextos donde las variables involucradas son de naturaleza continua. Este tipo de redes bayesianas es una extensión de las redes bayesianas tradicionales que anteriormente en la primera evidencia se trató. Volviendo al tema principal, estos son ampliamente utilizados en la modelización y el análisis de incertidumbre en una amplia gama de campos, como la medicina, la ingeniería,

la economía y la inteligencia artificial. En esta segunda evidencia, exploraremos cómo las redes bayesianas adquieren una relevancia particular en el ámbito de la salud, donde la toma de decisiones basada en la incertidumbre y la variabilidad es un tema constante al que se enfrentan el personal de salud. En la atención médica, es común enfrentarse a datos continuos, como niveles de biomarcadores, parámetros fisiológicos y resultados de pruebas clínicas. La aplicación de redes bayesianas en este contexto ofrece una herramienta poderosa para modelar y comprender la complejidad de las relaciones entre estas variables continuas, lo que es fundamental para la toma de decisiones clínicas informadas.

Este artículo explorará cómo las redes bayesianas se han convertido en una metodología esencial para abordar problemas de diagnóstico, pronóstico y toma de decisiones terapéuticas en el campo de la salud. Se examinarán ejemplos concretos, como la predicción de la progresión de enfermedades crónicas, la evaluación del riesgo de complicaciones en pacientes y la personalización de tratamientos médicos en función de características individuales. Además, se discutirán los desafíos específicos que surgen al trabajar con datos de salud continuos y cómo las redes bayesianas

ofrecen soluciones elegantes para lidiar con la incertidumbre inherente en este entorno; además de nuestra experiencia relacionándonos con expertos en el área de salud, doctores y alumnos.

MÉTODOS

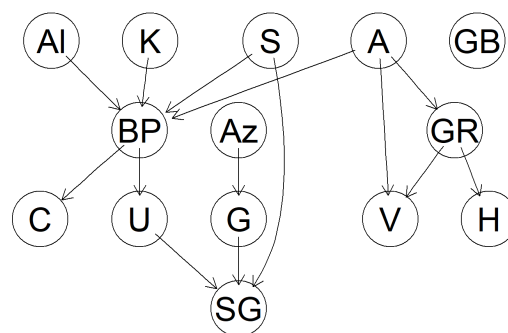
Variables

Inicialmente, se recopilaron y describieron las variables continuas relacionadas con la ERC, como la edad, la presión arterial (bp), la glucosa en sangre al azar (bgr), la creatinina sérica (sc), el sodio (sod), el potasio (pot), la hemoglobina (hemo), el volumen de células empaquetadas (pcv), el conteo de glóbulos blancos (wc) y el conteo de glóbulos rojos (rc).

Se investigó la relación de estas variables con la ERC mediante una revisión médica y epidemiológica para comprender cómo estas medidas pueden estar relacionadas con el riesgo de desarrollar ERC o su progresión, por lo que se podría decir que hubo una basta investigación médica del tema, lo cual está fuera de nuestra área común.

Propuesta de una DAG

Se diseñó una DAG representando las relaciones de dependencia hipotéticas entre las variables continuas y la ERC. Por ejemplo, el potasio podría influir en la presión arterial, que a su vez podría afectar los niveles de creatinina sérica, lo que podría estar relacionado con el diagnóstico de ERC.



Ajuste de una Red Bayesianas Gaussianas

Utilizando la información disponible en la base de datos que nos otorgaron, se ajustó una GBN que refleja la estructura propuesta por la DAG. Se calcularán los valores del BIC (Criterio de Información Bayesiana) y el AIC (Criterio de Información de Akaike) para evaluar la bondad de ajuste del modelo.

Variables categóricas

Como disponemos de variables categóricas, como "hipertensión" (htn), "diabetes mellitus" (dm) u otras, se consideró cómo incluirlas en la red, posiblemente utilizando nodos discretos o representándolas como variables dummy.

Meeting

Se consiguió tener reuniones con expertos en el área de Medicina para revisar y validar la DAG propuesta. Estos expertos aportaron de sus conocimientos clínicos y nos apoyaron en las modificaciones a la estructura de la red para que sea más precisa. En este caso también obtuvimos apoyo de estudiantes de medicina y principalmente del doctor Sergio Rodríguez Reynoso.

Formulación de queries

En consulta con los expertos médicos, se propusieron algunas queries que el modelo de GBN podría ayudar a resolver. Estas preguntas buscamos que estuvieran relacionadas con la predicción de la probabilidad de ERC en un paciente, la identificación de factores de riesgo significativos o la evaluación del impacto de ciertos tratamientos.

GBN

En función de la retroalimentación de los expertos médicos, se realizaron algunos ajustes en la DAG y la GBN según lo que se nos indicó como “necesario” en cuanto a la naturaleza sistemática. Luego, se utilizó el modelo revisado para responder a las queries planteadas y obtener resultados clínicamente relevantes.

RESULTADOS

QUERIES

¿Cuál es la probabilidad de que una persona con un nivel de glucosa alto y bajos niveles de potasio tenga una presión sanguínea alta?

Esta nos representa una probabilidad de 0.08502392

Para esta situación el programa nos arrojó que la probabilidad de que una persona con nivel alto de glucosa y bajos niveles de potasio tengan una presión sanguínea alta es de 0.08502392(8.5%)

```
cpquery(dagJuan_fit, event = (BP > 90), evidence = (G >= 110) & (K <= 3.5), n = 10^6)
```

[1] 0.08502392

Si un paciente tiene hiperpotasemia, niveles altos de creatinina y hemoglobina

baja, entonces, ¿cuál es la probabilidad de que el paciente tenga presión sanguínea alta?

El programa nos arrojó una probabilidad de 0.1496267(14.963%) de que el paciente padezca de presión sanguínea alta

```
cpquery(dagJuan_fit, event = (BP >= 90), evidence = (C > 1.7) & (K > 5) & (H < 10), n = 10^6)
```

[1] 0.1496267

¿Cuál es la probabilidad de que un paciente con deficiencia de albúmina en el cuerpo tenga muy bajo porcentaje de hematocritos?

En esta query el programa nos arrojó que la probabilidad de que un paciente tenga deficiencia de albúmina en el cuerpo también tenga muy bajo porcentaje de hematocritos es de 0.3017063(30.17%)

```
cpquery(dagJuan_fit, event = (V < 36), evidence = (Al <= 3), n = 10^6)
```

[1] 0.3017063

¿Cuál es la probabilidad de que una persona de 60 años o más, con hiperglucemia y presión sanguínea alta tenga altos niveles de creatinina y de urea?

En este caso el programa nos arrojó una probabilidad de 0.4900114 (49.0%) de que las personas de 60 años o mayores que presentan hiperglucemia y presión sanguínea alta también presentan altos niveles de creatinina y de urea.

```
cpquery(dagJuan_fit, event = (C > 1.3) & (U > 24), evidence = (A >= 60) & (G > 99), n = 10^6)
```

[1] 0.4900114

DISCUSIÓN

Las DAG's son herramientas que son bastante útiles para el análisis de información, además se utilizaron redes bayesianas para la solución de la

problemática presentada, el programa generado en esta caso nos ayudó a responder preguntas relacionadas con temas de salud, más específicamente preguntas relacionadas con la ERC (enfermedad renal crónica).

Para realizar una DAG que pudiera responder preguntas relacionadas con la ERC tuvimos que ser asistidos por un profesional de la salud (así como dos estudiantes de medicina) para que pudieran ayudarnos a modificar la DAG que habíamos creado de una manera en la que tuviese sentido y con ello obtener respuestas que se asemejen a la realidad, dadas las queries que le introducimos.

Aunado a esto R también generó una DAG la cual comparamos con la que generamos nosotros con ayuda del doctor. Pudimos ver rápidamente que aunque algunas relaciones podrían llegar a tener sentido, en general la DAG generada por R no tenía sentido, ni para nosotros ni para el doctor Sergio Rodríguez Reynoso por lo cual la desechamos y nos quedamos con la DAG que ya habíamos generado (la cual fue modificada con ayuda de expertos en el tema).

Los resultados que nos dio el programa a nuestras queries le parecieron lógicos al doctor, entonces consideramos nuestra DAG buena para proporcionar ciertas probabilidades, es importante recalcar que esta implementación tiene algunas limitantes importantes, como por ejemplo, la ausencia de ciclos, esto debido a la naturaleza de las DAG's, este punto es importante ya que el doctor nos comentó que los ciclos pueden llegar a ser naturales en este tipo de enfermedades, pero al estar

realizando una DAG no es posible utilizar ciclos.

Por otro lado, uno de los puntos de experiencia y aprendizaje que podemos recalcar en cuanto a la realización de esta evidencia, es la convivencia y guía que tuvimos por parte de los médicos que nos apoyaron en la comprensión y pensamiento sistemático dentro de las relaciones de conceptos en la ERN. Si bien nuestra carrera no tiene un lazo directo al área de salud; definitivamente fue interesante el experimentar lo que se llevaría a cabo en la vida profesional en cuanto a investigación. Ya que para aportar en el trabajo, tuvimos que ser conocedores básicos de un área completamente alejada a la nuestra. Definitivamente disfrutamos esta parte de la investigación aún cuando tuvo sus dificultades por cuestiones de conocimientos médicos y lenguaje; aún con estos leves obstáculos los médicos y nuestros compañeros estudiantes de medicina pusieron de su parte para ilustrarnos de la manera más sencilla el funcionamiento y diagnósticos de este.

Bibliografía:

Clínica Universidad de Navarra. (2022).

Insuficiencia renal crónica. CUN.

Recuperado 23 de agosto de 2023,
de

<https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/insuficiencia-renal-cronica>

MedlinePlus Enciclopedia Médica. (s. f.).

Enfermedad renal crónica.

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000471.htm>

articulo-enfermedad-renal-cronica-

136

OMS & OPS. (s. f.). *Enfermedad crónica*

del riñón. Organización

Panamericana de la Salud.

Recuperado 23 de agosto de 2023,
de

<https://www.paho.org/es/temas/enfermedad-cronica-rinon>

OPIMEC. (s. f.). *Enfermedades Crónicas.*

Observatorio de Prácticas

Innovadoras en el Manejo de

Enfermedades Crónicas Complejas.

Recuperado 23 de agosto de 2023,
de

<https://www.opimec.org/glosario/chronic-diseases/>

Rodríguez, D. L., & Sellarés, V. L. (2022,

17 mayo). *Enfermedad renal*

crónica. Nefrología al día.

Recuperado 23 de agosto de 2023,
de

<https://www.nefrologiaaldia.org/es->