

Uso de redes bayesianas para el análisis de la relación enseñanza-aprendizaje considerando estilos de aprendizaje y métodos de enseñanza

Use of Bayesian networks for the analysis of the teaching-learning relationship considering learning styles and teaching methods

LUZ ANGÉLICA AGUILAR CHÁVEZ • MANUEL ARNOLDO RODRÍGUEZ MEDINA • XÓCHITL GRACIELA AGUILAR RIVAS

Luz Angélica Aguilar Chávez. Tecnológico Nacional de México – Ciudad Juárez, Chihuahua. Es egresada de la Licenciatura en Matemáticas por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y cursó una Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez con honores, obteniendo los promedios más altos de su programa y del Departamento de Posgrado e Investigación. Se ha desarrollado en áreas estadísticas como el modelado por redes bayesianas, el uso de *software* estadístico para el modelado de problemas que involucran incertidumbre, así como la construcción de modelos de situaciones de índole sociales. Correo electrónico: laach19@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5700-6399>.

Manuel Arnoldo Rodríguez Medina. Profesor-Investigador del Tecnológico Nacional de México – Ciudad Juárez, Chihuahua. Es profesor Decano en la División de Posgrado e Investigación y obtuvo su PhD en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez en 1998. Sus intereses de investigación incluyen diseño experimental, métodos de superficie de respuesta e ingeniería de confiabilidad. Es autor de más de 100 artículos de revistas en estas áreas. Miembro de la Asociación Americana de la Calidad, así como Miembro Senior del Instituto de Ingenieros Industriales. Correo electrónico: manuel_rodri-

Resumen

El análisis del empate entre estilos de enseñanza, así como los de aprendizaje como parte fundamental en la educación científica, se ha transformado en un foco de alta atención en el mundo, objeto de estudio para la formación de personas competentes para la actualidad y para el futuro de la sociedad, tan exigida de la generación de ciudadanos analíticos y sistemáticos dentro del ámbito científico. Este documento analiza la forma en que tanto los estilos de aprendizaje como los métodos de enseñanza afectan en el comportamiento académico de un alumno, aunado a un conjunto de variables adicionales al contexto que repercuten directamente en el aprovechamiento de los alumnos mediante la realización de un análisis y evaluación de los resultados de un muestreo a través de la construcción de redes bayesianas. El presente trabajo recopila información de 1,531 estudiantes y 1,531 docentes pertenecientes al Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Juárez, referente a características pertenecientes a cada personaje como lo son las sociodemográficas; los estilos de enseñanza y aprendizaje se determinaron aplicando los tests correspondientes, como el de Honey y Alonso para los estilos de aprendizaje.

Palabras clave: Aprendizaje-enseñanza, redes bayesianas, estilos de enseñanza, estilos de aprendizaje, probabilidad condicional, Teorema de Bayes.

Abstract

The analysis of the tie between teaching styles, as well as those of learning as a fundamental part in scientific education, have become a focus of high attention in the world, an object of study for the training of competent people for the present and for the future of society, so demanded of the

guez_itcj@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1676-0664>.

Xóchitl Graciela Aguilar Rivas. Tecnológico Nacional de México – Ciudad Juárez, Chihuahua. Es egresada de la Licenciatura en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Los Mochis y cursó la Maestría en Calidad Six Sigma por la Universidad Regional del Norte, con la especialidad en proyectos DMAIC y mejora continua. Actualmente cuenta con ocho años de experiencia como docente en el área de Logística Internacional y Gestión de Proyectos en la Universidad Tecnológica Paso del Norte. Correo electrónico: xochitlrivas14@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2281-1114>.

generation of analytical and systematic citizens within the scientific field. This document analyzes the way in which both learning styles and teaching methods affect the academic behavior of a student, together with a set of additional variables to the context that directly affect the achievement of students by performing an analysis and evaluation of the results of a sampling through the construction of Bayesian Networks. The present work collects information from 1,531 students and 1,531 teachers belonging to the Tecnológico Nacional de México, Ciudad Juárez Campus, regarding characteristics belonging to each character such as sociodemographics, teaching and learning styles were determined by applying the corresponding tests such as Honey and Alonso for learning styles.

Keywords: Learning-teaching, Bayesian networks, teaching styles, learning styles, conditional probability, Bayes' Theorem.

INTRODUCCIÓN

Se ha estipulado como una herramienta para el modelado de problemas estadísticos el uso de las redes bayesianas, extendiéndose en la última década a sectores como la educación, la industria, las ciencias sociales, entre otros. Además se ha desarrollado dentro de la inteligencia artificial, bajo un marco amplio y eficiente del razonamiento del conocimiento desconocido o de la incertidumbre. Las aplicaciones de esta herramienta han llegado hasta áreas como la ingeniería en *hardware*, *software*, minería de datos, medicina, entre muchas otras.

El desarrollo de las aplicaciones de las redes bayesianas en el área educativa se encuentra en una diversidad de situaciones desde hace varios años por la capacidad del método de análisis de situaciones en las que el entendimiento de sus estructuras es dinámico, interactivo y fácil de comprender. Por ejemplo, la literatura muestra trabajos de estimación de patrones de comportamiento de los estudiantes como los realizados por Botsios et al. (2007), al igual que Carmona et al. (2008) o García et al. (2005); se encuentran también ejemplos en García et al. (2007); algunos otros en donde analizan las relaciones existentes entre los indicadores del rendimiento de los alumnos, como el realizado por Fernández et al. (2011), o bien investigaciones para evaluar y analizar los resultados de rendimiento de los alumnos, como lo presentan Conati et al. (1997); también encontramos ejemplos de este tipo de investigaciones hechas por Martín y VanLehn (1995) y Mayo y Mitrovic (2001); otros ejemplos son los de Millán et al. (2010) y Wei (2014), o el estudio del modelado de los comportamientos de los estudiantes de Xenos (2004).

EL DISEÑO DEL MODELO

El proceso de enseñanza en conjunto con el proceso de aprendizaje es una compleja interrelación entre diversos aspectos propios entre los personajes involucrados, es

decir, alumno y docente, pero también de aspectos de su entorno. En los tiempos actuales se ha buscado la manera de organizar de manera eficiente y comprensible el desarrollo del aprendizaje con base en las características y requerimientos de cada individuo.

Laudadio y Da Dalt (2014) consideran que la fuerte relación de las características con respecto al contexto, las características del tipo de aprendizaje de los alumnos y el método de enseñar de los docentes al frente del aula abre una gama de temas a revisar y establece el fuerte requerimiento de que los profesores identifiquen las características significantes en la realización de una enseñanza eficiente. De igual manera, establecer los tipos de enseñanza de los docentes demanda la necesidad de tener a la mano instrumentos convenientes de diagnóstico que incluyan los conceptos tanto didácticos como pedagógicos que conforman dichos métodos. Dentro del desarrollo de la enseñanza y el aprendizaje es importante tener presentes características importantes como los conocimientos previos de un tema, el estilo de aprendizaje de un individuo, los estilos cognitivos, los gustos y necesidades personales, que repercuten directamente en el aprendizaje y se pueden analizar para incorporarse a los modelos que permitan entender de mejor manera los procedimientos de aprendizaje. El modelo diseñado se desarrolla teniendo en cuenta dos partes: el diseño del modelo y su permanencia de acuerdo con los cambios requeridos por cambios en los tipos de enseñanza, así como los requerimientos en el aprendizaje, y como segunda parte, el uso como metodología de la relación enseñanza-aprendizaje, dirigido a la adecuación requerida por los usuarios.

Con base en los trabajos de Tapia (2007), se afirma que el objetivo de los tiempos actuales es establecer una manera de gestionar el aprendizaje de un alumno de tal manera que se asegure su mejora, tomando en cuenta las necesidades y características individuales. Para esto, es importante considerar tres aspectos principales que van ligados a la discusión que previamente se ha hecho en este documento. Por una parte, es indispensable determinar la manera en la que el alumno desarrolla su aprendizaje, basado en la aplicación de cuestionarios que evalúan el estilo de aprendizaje, un ejemplo de estos es el cuestionario Honey-Alonso para estilos de aprendizaje; además del nivel de conocimientos previos de un tema. Por otro lado, es importante establecer las metas y los materiales didácticos particulares de cada alumno y seleccionar y/o diseñar estrategias que permitan lograr los objetivos de aprendizaje en el alumno. Todo lo anterior se debe evaluar mediante los resultados de las actividades de aprendizaje basadas en los conocimientos aprendidos.

EL DISEÑO DEL USUARIO

Furman (2018) analiza en su documento una forma de construir un modelo para la relación enseñanza-aprendizaje bajo una idea constructivista, tomando en principio las diferentes formas de aprendizaje de los alumnos y haciendo énfasis en la idea

metodológica sistemático-analítica. Las propuestas pedagógicas, así como las investigaciones relacionadas al análisis de modelos, definen al aprendizaje como el cambio que se realiza en los elementos cognitivos de quien es el actor del aprendizaje. Así, el proceso mental constructivo que ejecuta el estudiante tiene como fin asimilar y construir el significado de los contenidos, es decir, produce una reestructuración de sus esquemas de conocimiento (aprendizaje).

De este modo, las distintas teorías que han surgido a lo largo del tiempo han permitido la solución de diversas problemáticas de aprendizaje, sin embargo, esta aportación solo se da en el contexto de la época en la que surgen, lo que da lugar a la necesidad de realizar cambios a la manera en que se define a la pareja enseñanza-aprendizaje y por ende a la manera en que se enseña, creando nuevas teorías basadas en las ya existentes que permitan fortalecer los procesos educativos e innovar estrategias que den lugar a didácticas en las que el alumno se encuentre en un ambiente propicio para el aprendizaje. Por lo antes mencionado, es importante conocer los distintos tipos de aprendizaje que la literatura propone, de modo que se pueda analizar y relacionar las maneras en que los estudiantes prefieren aprender y que sean efectivas para la adquisición de nuevos conocimientos.

Así, en este trabajo se busca contestar las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las características de los docentes y los estudiantes que repercuten de forma directa en el desempeño académico de los estudiantes? ¿Los estilos de enseñanza que tienen los docentes y los estilos de aprendizaje se pueden empatar de forma que ayuden a los estudiantes a alcanzar un rendimiento académico alto? ¿Las herramientas aplicables en clase pueden ser diseñadas tomando en cuenta características de los docentes y alumnos para tener repercusiones positivas en el aprovechamiento dentro de las aulas? Las respuestas a estas preguntas construyen la hipótesis a comprobar, la cual es que los estilos de aprendizaje empatados con los estilos de enseñanza, aunados a las condiciones sociodemográficas de los alumnos, tienen una repercusión directa en su alto o bajo desempeño escolar.

En virtud de lo expuesto anteriormente, el objetivo fundamental de este trabajo es abordar un modelo que logre establecer la influencia que tienen las maneras de enseñar de los docentes y las formas de aprender de los alumnos y aspectos adicionales a los actores del proceso enseñanza-aprendizaje, es decir, docente y alumno, y cómo repercuten en el aprovechamiento académico de los alumnos, analizando la posible conexión entre los aspectos relacionados a las formas de aprendizaje y estilos de enseñanza.

MARCO REFERENCIAL

Las bases del proceso de enseñanza-aprendizaje residen en sus participantes, alumno y docente, quienes desarrollan sus habilidades en virtud del estilo de aprendizaje y enseñanza, respectivamente, con el cual se identifican. Es por eso que en primera

instancia resulta importante destacar las teorías que muestran las clasificaciones correspondientes a estos aspectos, que serán claves para el desarrollo posterior del análisis propuesto en este trabajo.

Estilos de aprendizaje

Existen distintas definiciones atribuidas al concepto de *aprendizaje*, por ejemplo, Feldman (2005) conceptualiza el aprendizaje como el medio por el cual se realiza un cambio semidefinitivo en el actuar de un individuo, causado por un suceso empírico. Por su parte, Riva (2009) lo explica como el medio que da lugar o cambia un actuar en efecto a un suceso, solo si los cambios no son relacionados a un aspecto temporal.

La necesidad de establecer una forma de catalogar las maneras de aprender de los individuos ha llevado a trabajar con la diversidad de modelos ya existentes, algunos toman en cuenta los medios de ingreso de la información, algunos otros las formas de trabajar de los individuos.

Cazau (2004) resume las distintas clasificaciones que diversos autores han propuesto, con base en sus definiciones para las maneras de aprender que tienen los estudiantes (ver Tabla 1).

Tabla 1

Estilos de aprendizaje: clasificaciones existentes

Según el hemisferio cerebral	Lógico Holístico
Según el cuadrante cerebral (Herrmann)	Cortical izquierdo Límbico izquierdo Límbico derecho Cortical derecho
Según el sistema de representación (PNL)	Visual Auditivo Kinestésico
Según el modelo de procesar la información (Kolb)	Activo Reflexivo Pragmático Teórico
Según la categoría bipolar (Felder y Silverman)	Activo/reflexivo Sensorial/intuitivo Visual/verbal Secuencial/global
Según el tipo de inteligencia (Gardner)	Lógico-matemático Lingüístico-verbal Corporal-kinestésico Espacial Musical Interpersonal Intrapersonal Naturalista

Fuente: Cazau, 2004.

Modelo propuesto por Kolb

Kolb toma en cuenta que para obtener un aprendizaje sobre algo se debe de realizar un procesamiento de la información de que un individuo dispone. Establece que se puede iniciar de:

- a) Un suceso directo y concreto, convirtiendo al alumno en un ser activo.
- b) Un suceso abstracto, el cual sucede cuando el conocimiento proviene de algo que se cuenta, convirtiendo al individuo en un ser teórico.

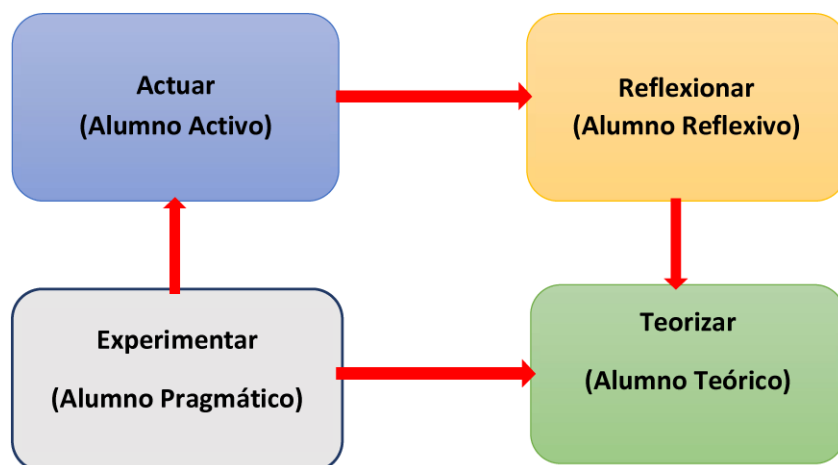
Las experiencias que obtengamos, concretas o abstractas, dan lugar a la construcción del conocimiento cuando se elaboran de alguna de las siguientes formas:

- a) Las experiencias que se viven van construyendo conocimiento, aplicando un acto de reflexión sobre ellas, siendo así alumnos reflexivos.
- b) Si la experiencia se hace de forma activa, se traduce en un alumno pragmático.

Los estilos de aprendizaje serán determinados mediante la aplicación del test, el proceso de construcción del mismo se puede identificar en la Figura 1.

Figura 1

Manejo de la información según el Modelo de Kolb



Fuente: Elaboración propia.

Estilos de enseñanza

Conocer las diversas formas en las que el alumno aprende y el impacto que estas causan en el rendimiento académico permite crear nuevas estrategias didácticas. Sin embargo, la mayoría de los docentes aún mantienen una estrategia pedagógica tradicionalista, por lo que en ocasiones se cree que el docente tiene la verdad absoluta, imponiendo contenidos al estudiante, de modo que este último toma una postura conformista en cual el objetivo es cumplir con lo pedido, pero no existe una preocupación por el aprendizaje, lo que lleva a que sea un factor importante en el rendimiento académico.

La definición de *estilo de enseñanza* está relacionada con el método de dar una instrucción. Los estilos de enseñanza deberían de ser medios para llegar a un fin, los

cuales se adecuan a ciertos contextos para lograrlo. Estos mismos son el resultado de la correlación de las características propias de los docentes y del propio significado que le den a la enseñanza, aunado a su contexto social, educativo y cultural. Una definición a los estilos de enseñanza, o como en la literatura se encuentra “comportamiento de enseñanza”, es mostrada por Martínez-Geijo (2002), quien lo define como las interrelaciones entre el sujeto que enseña y aquel que recibe el aprendizaje, con la intención y el compromiso expreso entre ambos actores para que se construya un conocimiento a partir de lo transmitido.

Las diferentes maneras de enseñar debieran de responder a las maneras de aprender del grupo de alumnos, a sus maneras de aprender, entender y procesar la información. La bibliografía relacionada a las formas en las que los individuos aprenden es vasta, se encuentran diversas descripciones de las mismas, incluidas en diversas teorías. Sin embargo, la información existente acerca de este tema es escasa. La propuesta por Martínez et al. (2019) define cuatro maneras principales en que se pueden englobar las estilos de enseñar de los docentes: abierto, formal, estructurado y funcional, explicando sus peculiaridades:

- Abierto: los profesores que tienen este estilo de enseñanza tienen las características de espontáneos, flexibles e innovadores, motivan con actividades presentes en el entorno. Tienden a promover el trabajo colectivo y la generación de ideas, y cambian constantemente de estrategias didácticas. Estos docentes no mantienen a los alumnos trabajando en las mismas actividades por periodos prolongados y permiten la ordenación de las tareas a libre albedrío. Son actualizados y abiertos en su debate en el espacio.
- Formal: son responsables, ponderados y ordenados, planifican con detalle sus actividades y no permiten la improvisación, manteniéndose en el margen de los contenidos establecidos. Fomentan la reflexión, el análisis y la racionalidad en los alumnos, promoviendo el trabajo individual en el entorno.
- Estructurado: son individuos objetivos, lógicos y sistemáticos. Imparten contenidos bien contruidos, fundamentados en un análisis teórico vasto, sistematizado y articulado. La manera de desarrollar una clase se caracteriza por basarse en actividades complejas de relación y estructura.
- Funcional: son prácticos, realistas y concretos, partidarios de la planificación. Las explicaciones que realizan son concisas y siempre incluyen ejemplos de practicidad. Fomentan el trabajo colaborativo y trabajan en evadir que los alumnos caigan en el error, reconociendo el mérito en aquellos que realizan con éxito sus actividades.

Aprovechamiento académico

La evaluación del aprendizaje se utiliza para diversos propósitos, entre ellos, determinar el nivel de logro de los objetivos establecidos por los planes y programas determinados

por el sector educativo, así como medir el progreso que los estudiantes tienen a lo largo de un determinado periodo de tiempo, determinar los grupos de estudiantes que requieren un apoyo adicional, así como facilitar el manejo de la calidad de las directrices de ejecución.

Tratar de encontrar una manera de medir el rendimiento académico es difícil, ya que en él no solo se involucra el aspecto del estilo de enseñanza y el de aprendizaje, sino además una cantidad de variables adicionales relacionadas al contexto y características de los alumnos, por ejemplo, cuestiones psicológicas y fisiológicas, pero también pedagógicas, socioeconómicas, familiares, educativas, entre otras. Es por eso que tratar de medir el rendimiento académico de un estudiante a partir de una evaluación debe de hacerse tomando en cuenta criterios como las influencias que reciben los estudiantes de sus contextos estudiantiles, familiares y sociales. Para Marchesi y Hernández (2003), existen indicadores para el fracaso escolar, como lo son las características socioeconómicas y culturales de las familias de los estudiantes. Estos autores mencionan que los estudiantes que tienen menores oportunidades de desarrollarse con éxito en las aulas son aquellos que pertenecen a niveles socioeconómicos bajos, debido a que las prioridades de los jefes de familia son otras, como el trabajo y sustento del hogar, lo que deja de lado el aspecto académico de los individuos de la familia.

Aprendizaje cognitivo

El aprendizaje tiene como objetivo dejar una huella en la memoria del individuo de modo que este sea un constructo de utilidad en situaciones donde sea aplicable. El aprendizaje cognitivo se enfoca en cómo los individuos perciben, almacenan y recuerdan información o conocimiento adquirido. Mayer (2011) define al *aprendizaje cognitivo* como el cambio realizado al conocimiento, atribuido a la realización de una experiencia; lo concibe como un conjunto de tres componentes: el primero estableciendo que el aprendizaje involucra un cambio; segundo, dicho cambio es el conocimiento del individuo, y finalmente, la causa del cambio es la experiencia del individuo.

El proceso cognitivo por el cual se obtiene como resultado el aprendizaje cognitivo consiste en tres principales procesos: selección, organización e integración. El primero de estos procesos ocurre cuando los individuos prestan atención a aspectos provenientes de la información que obtienen mediante la memoria sensitiva, la cual procesan mediante una memoria activa. La organización atiende a la atribución de elementos verbales en representaciones coherentes. Por último, la integración ocurre cuando se activa el conocimiento relevante de la memoria a largo plazo y se relaciona con la información nueva en la memoria activa. De este modo, el aprendizaje cognitivo pretende procesar información eficaz y eficientemente para lograr que se realice la construcción del conocimiento permanente en la memoria a largo plazo y lograr realizar el uso de este en la recuperación de la información.

En el sector educativo, el aprendizaje se ha visualizado en términos de cambios cognitivos por diversos autores que han trabajado como educadores. En la época actual, gran parte de los sistemas de educación se basan en analizar el rendimiento académico mediante la visualización de una calificación resultante al final del curso, lo cual supone medir el aprendizaje del alumno, sin embargo, no siempre provee los mejores resultados. Los exámenes o las calificaciones finales se basan en rangos restrictivos, es decir, tratan de reflejar de manera uniforme los logros superiores, pero limitan su uso en cualquier otro tipo de correlación de estudio. Los modelos para representar las capacidades de aprendizaje cognitivo de los alumnos están contruidos con base en la representación de las habilidades de ejecución de los individuos en diversas tareas relacionadas a una problemática o situación específica. Las tareas se construyen explícitamente alrededor de las características de las tareas que involucran y no de ciertas habilidades.

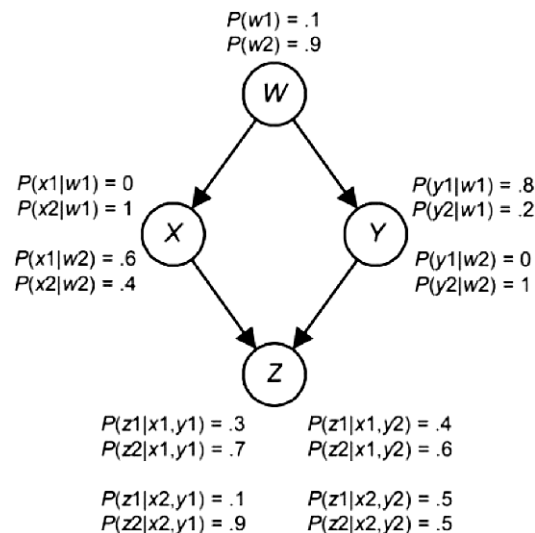
Teoría de redes bayesianas

Las *redes bayesianas* pueden ser visualizadas como herramientas que permiten modelar problemas de interés mediante las relaciones causales existentes entre factores indispensables para la resolución de las problemáticas. El proceso de construcción del aprendizaje y actualización del conocimiento se basa en la inferencia estadística, la cual se centra en extraer conclusiones a partir de observaciones que se realizan respecto a muestras recolectadas. La *inferencia estadística* se traduce como el proceso mediante el cual se extrae información de un conjunto de datos recolectados y se generalizan los resultados más allá, permitiendo la formulación de hipótesis, así como la toma de decisiones. Este proceso depende del modelo que se asigna de forma inicial a los datos basados, es decir, a la distribución de probabilidad que se asume que siguen las observaciones en cuestión.

Las redes bayesianas se derivan de la unión de modelos estadísticos que permitan ir de la información disponible (datos) al conocimiento (leyes de probabilidad, relaciones entre variables...), con la inteligencia artificial que permite utilizar *software* que realicen el trabajo. El principal propósito de las redes bayesianas es trabajar la incertidumbre en sistemas expertos, así como propagar cierto conocimiento del estado de uno o más nodos particulares sobre la red, así alguna deberá aprender como el conocimiento del experto puede cambiar. La construcción de una red bayesiana se realiza primero, dado el problema que se quiere abordar, identificando las variables relacionadas a él y las relaciones (causales) entre ellas. Así, el grafo acíclico dirigido –*directed acyclic graph* o DAG– resultante representará un conjunto de supuestos de dependencia e independencia que se aplicarán en la distribución de probabilidad conjunta, la cual es la siguiente en ser especificada en términos de un conjunto de distribuciones de probabilidad condicional. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de red bayesiana.

Figura 2

Ejemplo de red bayesiana con probabilidades condicionales



Fuente: Neapolitan, 2004.

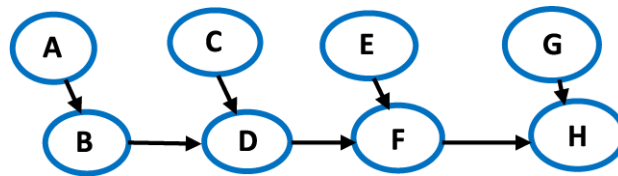
El fin esencial de la red bayesiana es representar una independencia condicional y las conexiones entre las variables del problema mediante la separación gráfica, es decir, captar los efectos de las relaciones que se mantienen entre las variables aleatorias mediante un gráfico, el cual funciona como un modelo estadístico compuesto por una colección de independencias condicionales entre variables.

Inferencia bayesiana

Nuestro modelo se realiza con base en la definición de una red bayesiana –*Bayesian network* o BN– en la cual se establece el mapa de conocimiento de las variables contextuales y se integra el estilo en el que se identifica la forma de aprender del alumno, aunado al estilo en que recae la forma de enseñar de los docentes con las opciones de diagnóstico, para obtener una forma de medir el rendimiento académico de los individuos de estudio.

Las redes bayesianas son métodos estadísticos que representan incertidumbre, basados en las conexiones existentes entre los componentes de estas que representan relaciones de independencia condicional. Según Edwards (1998), una *red bayesiana* se define como una herramienta que da lugar a la representación de un conjunto de variables aleatorias y la forma en la que se expresan sus dependencias condicionales, mediante una herramienta visual denominada grafo acíclico dirigido, donde X_i es un acontecimiento aleatorio representado por cada nodo, es decir, cada variable y la estructura de la herramienta visual muestra las interacciones de independencia existentes respecto a cada una de las variables con base en el criterio D-separación, como se muestra en la Figura 3.

Figura 3
Ejemplo de red bayesiana



Fuente: Elaboración propia.

Por sí misma, cada variable será representada por un nodo X_i que se relaciona con una distribución de probabilidad condicional $p_i(x_i | \prod_{i=1}^n(x_i))$ únicamente relacionada a ella, dados sus padres. De este modo, una red bayesiana establecerá una distribución única y específica de probabilidad conjunta:

$$p(X = x) = \prod_{i=1}^n p_i(x_i | \prod_{i=1}^n(x_i)), \forall x, \in \Omega_x$$

METODOLOGÍA

La presente investigación se centró en analizar una problemática social, asumiendo un enfoque cuantitativo y explicativo puesto que se realizará un análisis estadístico para poder explicar el efecto de las características de estudiantes y docentes dentro del aprovechamiento académico y el proceso de enseñanza-aprendizaje. El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo durante el periodo comprendido entre diciembre 2022 y julio 2023, tomando en cuenta el semestre enero-julio 2023 para realizar la aplicación de tests y la recolección de datos. Para el desarrollo de este trabajo se realizó la recopilación de información correspondiente a 3,062 participantes, 1,531 estudiantes y 1,531 docentes adscritos al Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Juárez; entre la información que se reunió se encuentran características pertenecientes a cada personaje como lo son las sociodemográficas, es decir, nivel socioeconómico, tipo de familia a la que pertenecen los estudiantes, el tipo de transporte que utilizan para llegar al centro de estudio, etcétera. El Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez trabaja bajo la modalidad presencial tradicional, en la cual el docente mantiene mayormente el control de la clase. La aplicación de tests de diagnóstico de estilos de aprendizaje fue a los participantes de un curso de cálculo diferencial, así como a docentes que imparten la materia.

Para lograr recopilar información acerca de los estilos de aprendizaje de los estudiantes se aplicó el *Test de estilos de aprendizaje* de Honey y Alonso. El test se aplicó a los estudiantes inscritos en el primer semestre de las diversas ingenierías que ofrece el Tecnológico en sus aulas, aplicado por los docentes frente a grupo. Por otro lado, la información relacionada a los estilos de enseñanza se determinó aplicando

el cuestionario validado por Chiang et al. (2013), compuesto por 71 preguntas que permiten empatar a cada docente con un estilo de enseñanza considerado dentro de los siguientes: abierto, estructurado, formal y funcional. Este test fue aplicado durante los cursos intersemestrales a la fecha de enero del 2023.

El desarrollo de este trabajo se realizó, en primer lugar, diseñando el modelo que se quería estudiar. Recordando que el objetivo de este trabajo es analizar las características tanto de los docentes como estudiantes, se determinó cuáles eran las variables de interés para el estudio, como lo son sexo y edad para ambos actores; experiencia, conocimiento previo y estilo de enseñanza para los docentes, así como características del estudiante como su estilo de aprendizaje y otras más relacionadas a su entorno sociodemográfico que se describirán más adelante. Una vez determinadas estas variables de interés, se diseñó el modelo en donde se establecían las relaciones causales entre las mismas, basadas en las relaciones que tienen estas respecto a la influencia directa al aprovechamiento académico de los alumnos.

En segundo lugar se realizó la aplicación de los test de estilos de enseñanza y aprendizaje para poder obtener una base de datos que recolectara información referente a las variables previamente seleccionadas, de forma que permitiera realizar los cálculos de las probabilidades simples y condicionales dependiendo de su lugar en la estructura del modelo.

Finalmente, ya teniendo en consideración los cálculos matemáticos, la incorporación de esta información a la red bayesiana da lugar al análisis y la corroboración de las hipótesis y a la construcción de conclusiones con respecto al comportamiento del modelo y las variables que lo componen.

Modelo de estilos de aprendizaje y enseñanza con relación al aprovechamiento académico

A continuación se presenta el modelo de red bayesiana propuesto en este trabajo, las variables a considerar y sus posibles elecciones en cada una de ellas se representa en la Tabla 2.

Tabla 2

Variables asociadas al docente y su estilo de enseñanza

Variable	Categorías
Edad	20-30/31-40/40-más
Sexo	Hombre/Mujer
Experiencia	0-5/6-10/10-más
Conocimiento previo	0-5/6-10/10-más
Estilo de enseñanza	Abierto/Formal/Estructurado/Funcional

Fuente: Elaboración propia.

Las variables experiencia y conocimiento previo se refieren a la cantidad de años de servicio con los que cuentan frente a grupo, así como las veces que han impartido un curso específico a lo largo de sus años de experiencia. Los estilos de aprendizaje son definidos mediante un test de diagnóstico de estilos de aprendizaje, la información se describe en la Tabla 3.

Tabla 3

Variables asociadas al alumno y su contexto

Variable	Categorías
Edad	18-25/26-35/36-más
Sexo	Hombre/Mujer
Estado civil	Soltero/Casado/Divorciado
Familia	Hijos/No hijos
Residencia	Sur/Este/Oeste/Norte
Ocupación	Estudiante/Empleado
Nivel socioeconómico	Alto/Medio/Bajo
Transporte	Público/Propio/Particular
Estilo de aprendizaje	Activo/Reflexivo/Pragmático/Teórico
Tipo de estudiante	Tiempo completo/Medio tiempo

Fuente: Elaboración propia.

Los estilos de aprendizaje son determinados mediante la aplicación de un test de estilos de aprendizaje. Las variables asociadas se representan en la Tabla 4.

Tabla 4

Variables adicionales consideradas en la red bayesiana

Variable	Categorías
Tipo de evaluación	1/2/3
Aprovechamiento académico	Alto/Medio/Bajo

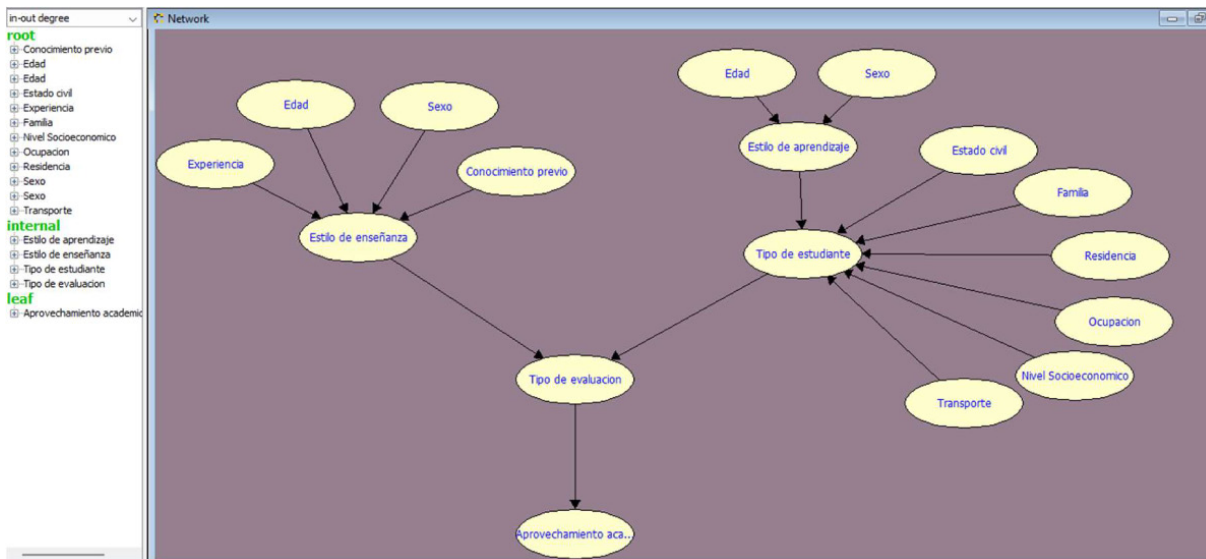
Fuente: Elaboración propia.

Los tipos de evaluación son categorizados por los docentes mediante las herramientas que se suelen utilizar para medir el avance de un alumno, como lo pueden ser exámenes, trabajos, exposiciones, tareas, cuestionarios, etcétera. Por otro lado, el aprovechamiento académico se mide mediante la calificación obtenida por el alumno al final del curso.

La red modelada para determinar el efecto de los estilos de enseñanza y aprendizaje en el rendimiento académico se presenta a continuación. Para realizar este modelo se utilizó el *software* de uso libre SamIam.

Figura 4

Red propuesta



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Figura 4, el *software* permite agregar tantas variables como sean necesarias para el diseño del problema basado en un árbol de falla o en una red bayesiana, en la parte izquierda se listan los nodos que conforman la red desde los extremos, que representan las variables iniciales o padres de la red, seguidos de los nodos internos, que representan a los hijos y descendientes de otros nodos, y por último a la variable principal, que representa el evento de interés. Una vez diseñado el modelo, se procedió a recolectar la información utilizando tests validados de estilos de aprendizaje y enseñanza. La información obtenida para realizar la alimentación de la red se realizó mediante la aplicación de cuestionarios. En total se obtuvieron 1,531 datos para obtener estilos de aprendizaje, 1,531 tests de estilos de enseñanza y medidores de rendimiento académico. El manejo de la información y el uso de esta para el cálculo de las probabilidades simples se realizó mediante el *software* estadístico de uso libre R.

RESULTADOS

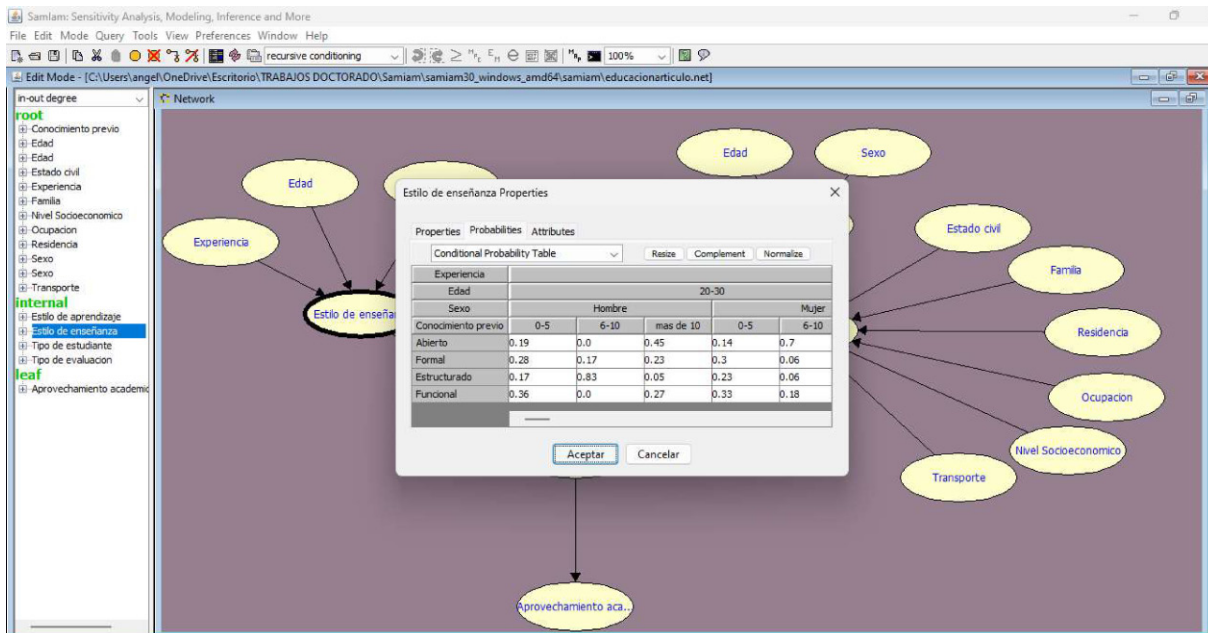
Como se mencionó anteriormente, la base de datos consta de 1,531 renglones, cada uno contando con 17 componentes asociados a cada una de las variables a trabajar. La codificación y el acceso a las bases de datos concernientes al problema permiten realizar los cálculos necesarios para obtener las CPT (tablas de probabilidad condicional) de cada nodo con respecto a sus conexiones con los padres o antecesores de estos. Con base en la información recopilada sobre estilos de enseñanza y estilos de aprendizaje, el *software* R nos proporciona la siguiente información que es útil para la propagación de evidencia posterior a realizar.

Los nodos padres de la red son aquellos con los que se comienza el modelo, no cuentan con nodos anteriores a ellos mismos y su cálculo de probabilidad se resume a la definición conocida, el cociente de los eventos sucedidos de cierta característica entre el total de eventos que conforman la base de datos. Por el contrario, para nodos internos de la red las probabilidades ya no son simples sino condicionales, y se calculan basándose en la definición siguiente:

$$\Pr(A|B) = \frac{\Pr(A \cap B)}{\Pr(B)} = \frac{\Pr(B|A) \Pr(A)}{\Pr(B)}$$

Los efectos de propagación de la evidencia que se obtiene de la red se pueden realizar con el apoyo de un *software* llamado SamIam, el cual permite realizar los diseños de las redes bayesianas con sus nodos y arcos de manera que a cada uno, basado en sus conexiones, se le pueden asignar las probabilidades simples o condicionales a manera de permitir obtener las probabilidades conjuntas de cada variable tomadas en cuenta para el diseño de la red. Una vez calculadas las CPT para cada uno de los nodos de la red, se incorporan al *software* SamIam de forma que permita aplicar los algoritmos de propagación necesarios, y mediante el mismo *software* podemos realizar el cálculo de las probabilidades conjuntas de la red, de las cuales podremos obtener conclusiones y deducciones.

Figura 5
 Cálculo de probabilidades simples y condicionales de las variables en R



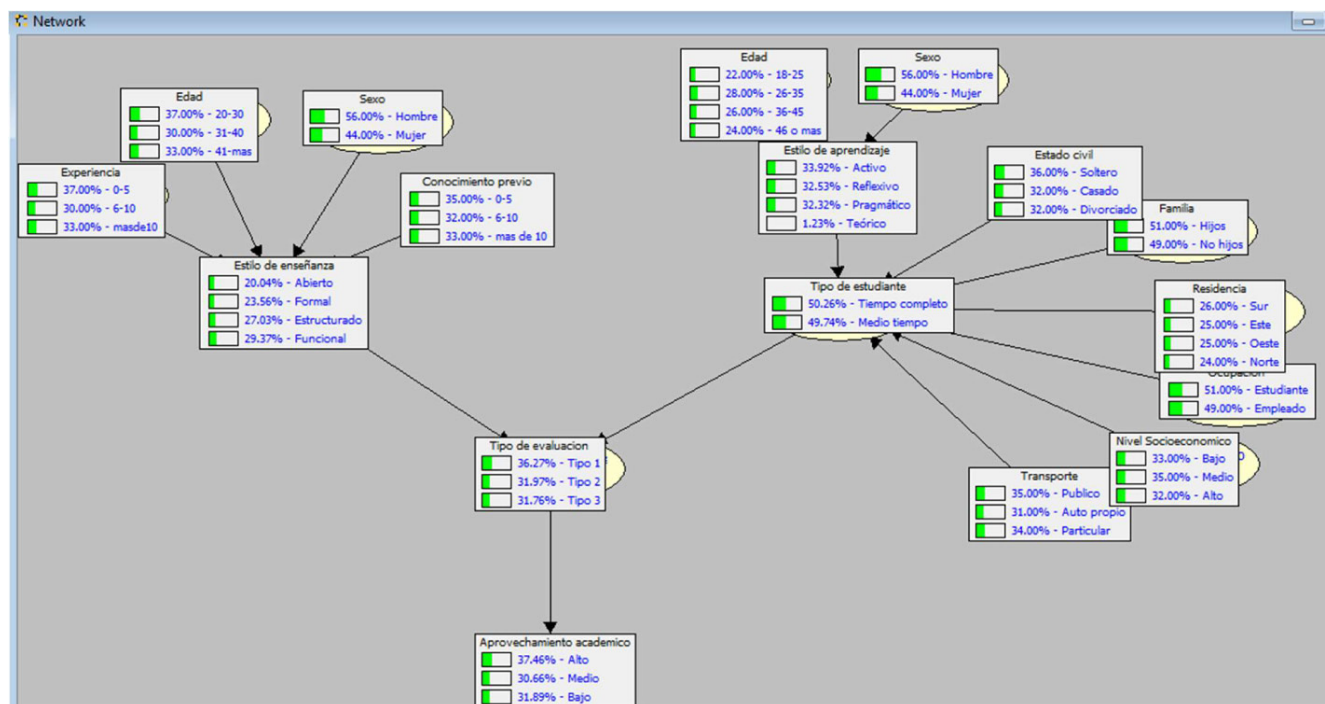
Fuente: Elaboración propia.

En virtud de lo mostrado en la Figura 5, se puede notar la influencia que tiene cada una de las variables dentro de la estructura para evaluar el aprovechamiento aca-

démico de los estudiantes. El hecho de que los estilos de aprendizaje y de enseñanza así como los factores asociados a cada una de las anteriores estén distribuidos casi equitativamente repercute en que también los aprovechamientos de los estudiantes lo estén, esto ligado a que los estilos de enseñanza y de aprendizaje repercutan directamente en que los estudiantes puedan desempeñarse de forma adecuada o les afecte y su desempeño no sea tan bueno. En este caso, se puede determinar que las características de los estudiantes en conjunto a las características de los docentes impactan la forma en la que estos se desarrollan en las aulas y en cómo realizan sus actividades y evaluaciones, teniendo así un resultado que puede ser favorable o no (Figura 6).

Figura 6

Cálculo de probabilidades simples y condicionales de las variables en R



Fuente: Elaboración propia.

De forma más clara, en la Tabla 5 se pueden observar las probabilidades *a posteriori* de cada uno de los nodos de la red, la cual representa el efecto de la información recopilada y procesada en el modelo.

Como se puede determinar analizando los datos propuestos y la Tabla 5, se hace notorio que de forma específica las estrategias que se utilizan dentro de las aulas guiadas por los estilos de enseñanza que posee cada docente frente a grupo aunadas a las características propias de los estudiantes tienen influencia en el aprovechamiento que obtiene el estudiante. El tipo de herramienta que se utiliza para obtener una evaluación de los saberes con los que debería contar el alumno también es una variable de influencia para el rendimiento de los personajes de interés de los centros de estudios, los estudiantes.

Tabla 5
Probabilidades a posteriori de la red bayesiana

VARIABLES	ESTADOS DE LA VARIABLE	PROBABILIDAD A POSTERIORI (%)	VARIABLES	ESTADOS DE LA VARIABLE	PROBABILIDAD A POSTERIORI (%)
<i>Docente</i>			<i>Estudiante</i>		
Edad D	20-30	37	Estado civil	Soltero	36
	31-40	30		Casado	32
	41-mas	33		Divorciado	32
Sexo D	Hombre	56	Familia	Hijos	51
	Mujer	44		No hijos	49
Experiencia	0-5	37	Residencia	Sur	26
	6-10	30		Este	25
	Más de 10	33		Oeste	25
Norte	24				
Conocimiento previo	0-5	35	Ocupación	Estudiante	51
	6-10	32		Empleado	49
	Más de 10	33	Nivel socio-económico	Bajo	33
Estilo de enseñanza	Abierto	20.04		Medio	35
	Formal	23.56		Alto	32
	Estructurado	27.03		Público	35
	Funcional	29.37	Transporte	Auto propio	31
<i>Estudiante</i>			Particular	34	
Edad	18-25	22	Tipo de estudiante	Tiempo completo	50.26
	26-35	28		Medio tiempo	49.74
	36-45	26	<i>VARIABLES EN CONJUNTO</i>		
	46 o mas	24	Tipo de evaluación	Tipo 1	36.27
Sexo	Hombre	56		Tipo 2	31.97
	Mujer	44		Tipo 3	31.76
Estilo de aprendizaje	Activo	33.92	Aprovechamiento académico	Alto	37.46
	Reflexivo	32.53		Medio	30.66
	Pragmático	32.32		Bajo	31.89
	Teórico	1.23			

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta investigación fue destinada a evidenciar cómo las características propias de los estudiantes y de su contexto, aunadas a los estilos de aprendizaje propios de cada uno, así como las características de los docentes y sus estilos de enseñanza, repercuten de forma directa en el aprovechamiento o rendimiento académico que pueden tener en el desarrollo de una materia dentro de su trayecto de educación superior.

Como se pudo observar entre los resultados presentados, los docentes de los centros de estudio públicos conservan una estrategia en su mayoría tradicionalista, donde mantienen el control del grupo y dirigen las dinámicas y formas de desarrollar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Los alumnos, por otro lado, mantienen un

estilo de aprendizaje activo, participan en las aulas y, entre sus características, son de edades entre los 18 y los 25 años, utilizan el transporte público en su mayoría, no cuentan con familia –es decir, hijos– y dedican su tiempo solo al estudio.

Sin embargo, en un trabajo a futuro sería interesante agregar el empate entre estilos de enseñanza de los docentes y estilos de aprendizaje de los alumnos para incluir dichas relaciones como evidencia a la red bayesiana y evaluar su efecto en los resultados. Más aún, una validación de la red construida sería un agregado de importancia y valor al presente trabajo; las redes bayesianas pueden ser sometidas a una verificación para obtener una estructura mayormente simple, siempre y cuando la información y resultados no se ven afectados en pérdida de la misma.

REFERENCIAS

- Almond, R. G., Mislevy, R. J., Steinberg, L. S., Yan, D., y Williamson, D. M. (2015). *Bayesian networks in educational assessment*. Springer.
- Botsios, S., Georgiou, D. A., y Safouris, N. F. (2007). Learning style estimation using Bayesian networks. *International Conference on Web Information Systems and Technologies*, 2, 415-418.
- Carmona, C., Castillo, G., y Millán, E. (2008). Designing a dynamic bayesian network for modeling students' learning styles. *2008 Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 346-350. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2008.116>
- Cazau, P. (2004). *Estilos de aprendizaje: Generalidades*. <https://cursa.ihmc.us/rid%3D1R440PDZR-13G3T80-2W50/4.%20Pautas-%20evaluar-Estilos-de-Aprendizajes.pdf>
- Chiang Salgado, M. T., Díaz Larenas, C., y Rivas Aguilera, A. (2013). Un cuestionario de estilos de enseñanza para el docente de educación Superior. *Revista Lasallista de Investigación*, 10(2), 62-68.
- Conati, C., Gertner, A. S., VanLehn, K., y Druzdzel, M. J. (1997). On-line student modeling for coached problem solving using Bayesian networks. En A. Jameson, C. Paris y C. Tasso (eds.), *User modeling. International Centre for Mechanical Sciences, vol. 383* (pp. 231-242). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-2670-7_24
- Edwards, W. (1998). Hailfinder: tools for and experiences with Bayesian normative modeling. *American Psychologist*, 53(4), 416.
- Feldman, R. S. (2005). *Psicología: con aplicaciones en países de habla hispana*. McGraw-Hill.
- Fernández, A., Morales, M., Rodríguez, C., y Salmerón, A. (2011). A system for relevance analysis of performance indicators in higher education using Bayesian networks. *Knowledge and Information Systems*, 27(3), 327-344. <https://doi.org/10.1007/s10115-010-0297-9>
- Furman, M. (2018). La educación científica en las aulas de América latina, el estado de la ciencia 2018. *Principales indicadores de ciencia y tecnología iberoamericanos/interamericanos*. RICYT/OEI
- García, P., Amandi, A., Schiaffino, S., y Campo, M. (2005). Using Bayesian networks to detect students' learning styles in a web-based education system. En *Proceedings of ASAI 2005, Argentine Symposium on Artificial Intelligence* (pp. 115-126).
- García, P., Amandi, A., Schiaffino, S., y Campo, M. (2007). Evaluating Bayesian networks' precision for detecting students' learning styles. *Computers & Education*, 49(3), 794-808. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.017>
- Laudadío, M. J., y Da Dalt, E. (2014). Estudio de los estilos de enseñanza y estilos de aprendizaje en la universidad. *Educación y Educadores*, 17(3), 483-498.

- Marchesi, A., y Hernández, C. (coords.) (2003). *El fracaso escolar. Una perspectiva internacional*. Alianza.
- Martin, J., y VanLehn, K. (1995). Student assessment using Bayesian nets. *International Journal of Human-Computer Studies*, 42(6), 575-591. <https://doi.org/10.1006/ijhc.1995.1025>
- Martínez, I., Renés, P., y Martínez, P. (2019). Los estilos de aprendizaje y de enseñanza: análisis y diagnóstico en educación superior de centro internacional de estudios superiores del español, CIESE-Comillas (España). *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 12(24), 28-41. <https://doi.org/10.55777/rea.v12i24.1317>
- Martínez-Geijo, P. (2002). *Categorización de comportamientos de enseñanza desde un enfoque centrado en los estilos de enseñanza* [Tesis doctoral inédita. UNED, Madrid].
- Mayer, R. E. (2011). *Applying the science of learning*. Pearson Merrill Prentice Hall.
- Mayo, M., y Mitrovic, A. (2001). Optimising ITS behaviour with Bayesian networks and decision theory. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, 124-153.
- Millán, E., Loboda, T., y Pérez-de-la-Cruz, J. L. (2010). Bayesian networks for student model engineering. *Computers & Education*, 55(4), 1663-1683. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.010>
- Neapolitan, R. (2004). *Learning Bayesian networks*. Pearson Prentice Hall.
- Nieto, L. E. (2002). *Métodos estadísticos bayesianos*. <http://allman.rhon.itam.mx/~lnieto>
- Riva Amella, J. L. (2009). *Cómo estimular el aprendizaje*. Océano.
- Tapia, F. (2007). *Modelo bayesiano para la optimización y personalización de aprendizaje en línea: estudio casuístico* [Tesis doctoral, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España].
- Wei, H. (2014). Bayesian networks for skill diagnosis and model validation. *Annual Meeting of Council on Measurement in Education*, Philadelphia, PA. https://www.pearson.com/content/dam/one-dot-com/one.com/global/Files/efficacy-and-research/schools/030_NCME_HW.pdf
- Xenos, M. (2004). Prediction and assessment of student behaviour in open and distance education in computers using Bayesian networks. *Computers & Education*, 43(4), 345- 359. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2003.09.005>

Cómo citar este artículo:

Aguilar Chávez, L. A., Rodríguez Medina, M. A., y Aguilar Rivas, X. G. (2024). Uso de redes bayesianas para el análisis de la relación enseñanza-aprendizaje considerando estilos de aprendizaje y metodos de enseñanza. *RECIE. Revista Electrónica Científica de Investigación Educativa*, 8, e1941. <https://doi.org/10.33010/recie.v8i0.1941>



Todos los contenidos de RECIE. *Revista Electrónica Científica de Investigación Educativa* se publican bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional, y pueden ser usados gratuitamente para fines no comerciales, dando los créditos a los autores y a la revista, como lo establece la licencia.
