



Diciembre 2024 • <https://doi.org/10.22201/dgtic.26832968e.2024.11> • ISSN: 2683-2968.

TIES es una revista de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 4.0 (CC BY-NC 4.0).

© 2024 TIES, Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior es editada por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a través de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC). Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, México. Número de reserva de Derechos de Autor otorgado por INDAUTOR: 04-2019-011816190900-203.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista del Comité editorial, del Editor o de la UNAM.



Índice

Editorial	I
Estimación Robusta de Fugas vía una Transformación Fraccional Lineal	1
Marco de Trabajo Tecnológico/Computacional para la Modelación de Sistemas Complejos Adaptativos	16
Desarrollo de un Visor de Archivos DICOM: Transformando la Enseñanza en la Carrera de Tecnologías de la Información	40
El Impacto de la Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Representaciones Sociales y Transformación Institucional	53
Horizonte TIES	
Percepción de la ciberseguridad entre estudiantes universitarios en entornos digitales: Un estudio en la Facultad de Informática Mazatlán	72

Editorial

A mediados del siglo XX, un experimento sobre el clima revolucionó nuestra comprensión de los sistemas complejos, ya que incluso el aleteo de una mariposa en un extremo del mundo podría, en teoría, desencadenar una tormenta al otro extremo. Con esta analogía, Edward Lorenz nos mostró que hasta los sistemas que parecen seguir leyes deterministas pueden exhibir un comportamiento caótico y ser sensibles a ciertas condiciones iniciales. Dichas condiciones están sujetas a la incertidumbre inherente de no conocer todas las variables que influyen en un sistema y la manera en cómo observamos y medimos tales comportamientos.

A través de esto, hemos logrado entender que parte de los fenómenos y sistemas a los que pertenecemos, y otros más que nos rodean, tienden naturalmente al cambio y, en cierta medida, al desorden. Por ejemplo, a escala de sistemas humanos y sociales, como en las organizaciones, descubrimos una tendencia al desorden en ausencia de intervención humana; esto lo denominamos como “decadencia organizacional”, la cual hemos observado que puede ser contrarrestada a través de elementos como el liderazgo, la innovación y la capacitación. Si bien la capacidad de observar es impulsada por el método científico, es en gran medida auxiliada por el análisis que podemos realizar de la evidencia plasmada a través de los datos. En este sentido, podemos deducir que éstos juegan un papel muy importante al momento de analizar y, posteriormente, requerir explicaciones o interpretaciones que relacionan un efecto y su causa. Muchos de los datos obtenidos de diversos escenarios pueden ser digitalizados y almacenados en sistemas de cómputo, de carácter local o extraíble, la nube e incluso internet.

Se sabe que los datos representan un mecanismo sólido con el que pretendemos identificar patrones ocultos en sistemas que van desde lo más sencillo hasta lo impredecible y complejo. Los recolectamos a partir de la observación y, con ellos, aspiramos a construir modelos que revelen estructuras subyacentes y mejoren con creces nuestra forma de predecir. Escudriñamos indicios de la dirección a observar y analizamos aquellas variables que requieren procesos más detallados de medición, ya que “no podemos mirar hacia todos lados al mismo tiempo”. Este número de TIES representa una iniciativa para abordar las

aplicaciones e implicaciones de los datos en nuestras vidas, así como la relevancia y el esfuerzo involucrado en la realización de investigación científica de calidad.

En las aplicaciones relacionadas con las disciplinas de ingeniería, los datos figuran con un sentido de utilidad para efectuar monitoreo o mediciones y con el fin de detectar fallas de sistemas en tiempo real. El estudio titulado *Estimación Robusta de Fugas vía una Transformación Fraccional Lineal*, es un ejemplo de la importancia de los datos reales y sintéticos, con el que se bosqueja un sentido de experimentación que extrapola lo empírico a lo verídico en sistemas hidráulicos.

La investigación titulada *Marco de Trabajo Tecnológico/Computacional para la Modelación de Sistemas Complejos Adaptativos*, nos presenta la importancia de considerar conceptos como la multifactorialidad y la explicabilidad como elementos que repercuten directamente en la manera de cómo realizamos mediciones y adquisición de datos en sistemas tanto adaptativos como complejos. Por lo anterior, este estudio nos brinda un panorama para enfrentar diversos retos con relación a éstos, que van desde el ámbito tecnológico hasta la naturaleza y origen de los mismos.

Por otro lado, la utilidad de datos masivos en la enseñanza médica es una realidad. Dichas aplicaciones utilizan la información obtenida de estudios clínicos para impulsar la educación médica a través de una plataforma de visualización de datos, tal como se puede leer en la investigación titulada: *Desarrollo de un Visor de Archivos DICOM: Transformando la Enseñanza en la Carrera de Tecnologías de la Información*, el cual nos describe un desarrollo computacional para el manejo de archivos DICOM, ampliamente utilizados en medicina con propósitos de diagnóstico e investigación.

Las inquietudes derivadas de los datos y la ciberseguridad se amplifican cuando se busca acoplar la inteligencia artificial en aplicaciones de alto impacto como en lo educativo. La investigación titulada: *El Impacto de la Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Representaciones Sociales y Transformación Institucional*, nos presenta la simbiosis entre docentes y alumnos que conviven en un ciberespacio digital. Dentro de los ideales de la inteligencia artificial en educación, se encuentra el apoyo en el desarrollo de habilidades críticas y creativas, al mismo tiempo que empleamos la ética para garantizar un equilibrio, asignándole un papel mediador.

Por el lado ético, una preocupación constante es el modo de fomentar la confianza entre usuarios y sistemas que capturan su información, así como la manera de equilibrar el libre acceso y la privacidad. Dentro de la sección Horizonte TIES, encontramos el estudio titulado: *Percepción de la ciberseguridad entre estudiantes universitarios en entornos digitales: Un estudio en la Facultad de Informática Mazatlán*, el cual nos muestra qué tanto conocemos desde la comunidad académica sobre la manera en que los sistemas adquisitivos de información gestionan nuestros datos, así como el propósito de estos. Entre sus objetivos, este estudio tiene la finalidad de concientizar a la población estudiantil y docente sobre sus riesgos y prevención de amenazas.

Los cinco artículos contenidos en este número son una muestra del potencial de los datos para la innovación científica y lo mucho que pueden aportar al desarrollo de enfoques interdisciplinarios en la solución de problemas complejos. En conjunto, estas investigaciones nos invitan a reflexionar sobre el rol actual de los datos y cómo su adecuado aprovechamiento puede abrir nuevas oportunidades para enfrentar desafíos mientras nos apegamos a nuestros principios éticos y humanos.

Erik Carbajal-Degante



Estimación Robusta de Fugas vía una Transformación Fraccional Lineal

Alexander Adrián Vázquez Alva

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, Coordinación de Eléctrica y Computación. Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México.

ORCID: 0009-0005-4285-2804

Cristina Verde

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, Coordinación de Eléctrica y Computación. Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México.

ORCID: 0000-0001-8700-516X

Recepción: 11 de octubre de 2024.

Aceptación: 12 de noviembre de 2024.

Diciembre 2024 • número de revista 11 • <https://doi.org/10.22201/dgtic.26832968e.2024.11.46>

Estimación Robusta de Fugas vía una Transformación Fraccional Lineal

Resumen

Se abordó el problema de la identificación automática de una fuga en un ducto, usando un modelo novedoso integrado por una parte nominal y una incierta, la cual depende de los parámetros de la fuga. El modelo bien condicionado se logró utilizando una transformación lineal fraccional de la posición desconocida de la fuga, el cual, a su vez, simplificó la estimación de los parámetros usando un Filtro de Kalman Extendido. Resultados con datos sintéticos y experimentales mostraron el desempeño robusto del identificador de la fuga para un ducto hidráulico de 160 m de largo.

Palabras Clave: detección automática de fallas, modelo incierto transformado, estimadores dinámicos, localización de fugas en tiempo real

Robust Failure's Estimation by Linear Fractional Transformation

Abstract

A novel model with a nominal subsystem and one uncertain subsystem that depends on the leak parameters was considered to address the problem of automatic leak identification in a pipeline. The well-posed model was achieved using a linear fractional transformation of the unknown leak location. Moreover, the model simplified the parameter identification using an Extended Kalman Filter. Results obtained with synthetic and experimental data showed the robust performance of the leak identification procedure for a hydraulic pipeline of 160 m of longitude.

Keywords: *automatic failures detection, transformed uncertain model, dynamic estimators, real time location of leaks.*

1. Introducción o antecedentes

Para la industria, ha resultado imprescindible el monitoreo, mantenimiento, rápida detección e identificación de fallas en redes de transmisión de fluidos, pues las consecuencias ante eventos anormales en estos sistemas van desde pérdidas monetarias, que han llegado hasta los \$800 millones USD [1], hasta daños irreversibles al ecosistema y a la salud pública.

En las últimas décadas, la comunidad científica e ingenieril ha abordado el problema de identificación y detección de fallas (FDI) de tres maneras: 1) Métodos basados en hardware, que requieren de la instalación de sensores sofisticados, como micrófonos, detectores de hidrocarburos, cámaras térmicas, instalación de fibra óptica, etcétera, que monitoreen permanentemente la hermeticidad exterior de la línea [1] [2]. 2) Métodos basados en software, que requieren de mediciones convencionales de presión, gasto y/o temperatura, para luego ser procesadas por modelos analíticos, que describen el comportamiento del fluido [3], y por *Data-driven*, que utilizan grandes bases de datos para generar predicciones [4].

Dentro de los métodos procesados por modelo, se pueden encontrar desde ecuaciones estáticas [5] hasta expresiones dinámicas complejas, con no linealidades y conjuntos de ecuaciones simultáneas [6]. Éstas últimas llegan a demandar muchos recursos de la computadora para su resolución numérica. En búsqueda de un consenso entre una FDI efectiva a través de un modelo simple y descriptivo, así como una adquisición de datos asequible, en el presente trabajo se propone transformar el modelo de balance de masa con una fuga en uno que sea fácilmente computable e identificable, permitiendo así una mejor modularidad con otras herramientas de estimación de parámetros.

En lo consiguiente, se presentará, en la primera sección, el modelo más simple para representar la dinámica del fluido con una sola fuga, para luego desarrollar la transformación lineal fraccional necesaria que permitirá descomponer el modelo original en una parte nominal y una con incertidumbres. La siguiente sección muestra la estructura novedosa del estimador de estado para la identificación de fallas y se destacan sus peculiaridades. Finalmente, se expone la eficacia del modelo a través de experimentos sintéticos en Matlab, así como experimentos con datos de una planta real.

2. Modelos del fluido

a. Modelo nominal

Considere un ducto horizontal de sección transversal constante que transporta un fluido ligeramente compresible presurizado y con flujo turbulento, representado por el siguiente modelo diferencial de conservación de momento y de masa [7]

$$\frac{1}{a_1} \frac{\partial Q(z, t)}{\partial t} + \frac{\partial H(z, t)}{\partial z} + \frac{1}{a_1} \theta Q(z, t)^2 = 0 \quad (1)$$

$$a_2 \frac{\partial Q(z, t)}{\partial z} + \frac{\partial H(z, t)}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

donde H es la carga de presión [m], Q el gasto volumétrico [$m^3 s^{-1}$], z es la coordenada longitudinal al ducto [m], t es el tiempo [s]; y las constantes $a_1 = g A_r$ y $a_2 = b^2 a_1^{-1}$, donde g es la aceleración gravitatoria [$m s^{-2}$], A_r es la sección transversal del ducto [m^2], y b es la velocidad del sonido [$m s^{-1}$]. Además, $\theta = f / (2 D A_r)$, donde f es el coeficiente de fricción Darcy Weisbach y D el diámetro interno del ducto. Cuando no se dispone de un valor preciso de la fricción, se sugiere estimarlo a partir de datos experimentales con la relación estática $\theta = a_1 \Delta H / (L Q^2)$, donde ΔH es la diferencia de presión en los extremos del ducto de longitud L [m].

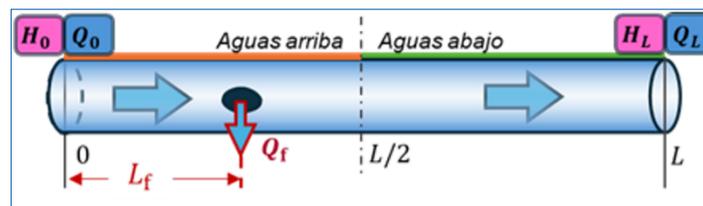


Fig. 1. Esquema de ducto con una fuga.

La descripción completa del modelo del fluido requiere establecer las condiciones de frontera del sistema, en este caso, se usan las presiones medibles en los extremos del ducto $u(t) = [H_0(t) \ H_L(t)]^T$, junto con los gastos $y(t) = [Q_0(t) \ Q_L(t)]^T$.

Considerando una sola fuga, de acuerdo con la propuesta de Verde [8], el modelo más simple para describir la dinámica del fluido dentro del ducto está dado por

$$\begin{aligned} \dot{Q}_0(t) &= \frac{a_1}{L_f} (H_0(t) - H_f(t)) - \theta Q_0^2(t), \\ \dot{H}_f(t) &= \frac{a_2}{L_f} (Q_0(t) - Q_L(t) - \lambda \sqrt{H_f(t)}), \\ \dot{Q}_L(t) &= \frac{a_1}{L - L_f} (H_f(t) - H_L(t)) - \theta Q_L^2(t), \end{aligned} \quad (3)$$

donde L_f es la posición de la fuga mostrada en la Fig. 1; H_f es la carga de presión en dicho punto $[m]$ y λ es el coeficiente de descarga $[m^{5/2} s^{-1}]$, asociado al orificio.

Definiendo los estados: $x(t) = [Q_0(t) \ H_f(t) \ Q_L(t)]$, el modelo (3) en forma matricial toma la estructura

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) - \Phi(x(t)) - F(x(t)), \quad (4)$$

con

$$A = \begin{bmatrix} 0 & \frac{-a_1}{L_f} & 0 \\ \frac{a_2}{L_f} & 0 & \frac{-a_2}{L_f} \\ 0 & \frac{a_1}{L - L_f} & 0 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} \frac{a_1}{L_f} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \frac{-a_1}{L - L_f} \end{bmatrix}; \quad \Phi(x(t)) = \theta \begin{bmatrix} x_1^2(t) \\ 0 \\ x_3^2(t) \end{bmatrix}; \quad F(x(t)) = \frac{1}{L_f} \begin{bmatrix} 0 \\ a_2 \lambda \sqrt{x_2(t)} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

en donde $F(x(t))$ está asociada con la perturbación debida a la fuga.

b. Modelo con Incertidumbres

Para poder abordar el diseño del localizador de fugas en el contexto de un sistema robusto, de acuerdo con Verde [8] es más conveniente describir (4) como un modelo nominal con la fuga a la mitad del ducto $L_{f0} = L/2$, junto con términos inciertos dependientes de la incertidumbre $-1 < \delta < 1$. De este modo, la posición de la fuga se representa como una desviación respecto a la mitad del ducto

$$L_f = L_{f0}(1 - \delta). \quad (6)$$

Como se ilustra en la Fig. 2, si la fuga se ubica en la sección 1, la desviación δ tiene un valor positivo; por el contrario, la desviación es negativa en la sección 2.

Según lo señalado por Doyle [9], el término incierto se puede expresar usando una transformación fraccional lineal, como

$$\frac{1}{L_{f0}(1 \mp \delta)} = \frac{1}{L_{f0}} \left(1 \pm \frac{\delta}{1 \mp \delta} \right). \quad (7)$$

Por tanto, definiendo las fracciones en términos de δ

$$\delta^- = \frac{\delta}{1 - \delta} \quad y \quad \delta^+ = -\frac{\delta}{1 + \delta}, \quad (8)$$

se obtienen las relaciones entre las fracciones

$$\delta^+ = \frac{-\delta^-}{1 + 2\delta^-} \quad y \quad \delta^- = \frac{-\delta^+}{1 + 2\delta^+}, \quad (9)$$

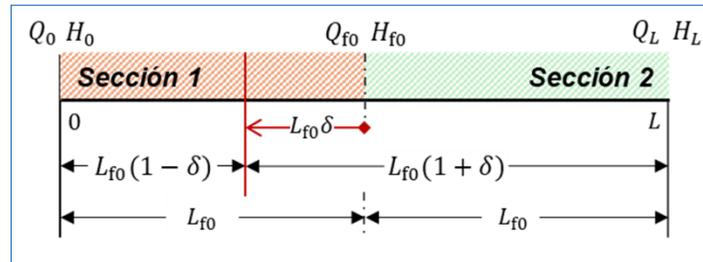


Fig. 2. Representación de la relación entre δ con L_f .

las cuales permiten escribir el modelo (4) como

$$\dot{x} = A_0 x + B_0 u - \Phi(x) - F(x) + \Delta A^{\mp} x + \Delta B^{\mp} u - \Delta F^{\mp}(x). \quad (10)$$

con una parte nominal, bien planteada numéricamente con las matrices nominales A_0 y B_0 en función del parámetro conocido $1/L_{f0}$, y una parte incierta marcada en rojo que involucra los parámetros asociados a la incertidumbre, que pueden ser descritos con respecto a δ^+ o δ^- . El superíndice \mp en este modelo indica que las matrices pueden evaluarse en términos de δ^- o de δ^+ y, en particular, se tiene para la fracción δ^- :

$$\Delta A^- = \frac{1}{L_{f0}} \begin{bmatrix} 0 & -a_1 \delta^- & 0 \\ a_2 \delta^- & 0 & -a_2 \delta^- \\ 0 & -\frac{a_1 \delta^-}{1+2\delta^-} & 0 \end{bmatrix}; \Delta B^- = \frac{a_1}{L_{f0}} \begin{bmatrix} \delta^- & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \frac{\delta^-}{1+2\delta^-} \end{bmatrix}; \Delta F^-(x) = \frac{\lambda}{L_{f0}} \begin{bmatrix} 0 \\ a_2 \delta^- \sqrt{x_2} \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (11)$$

y para δ^+ :

$$\Delta A^+ = \frac{1}{L_{f0}} \begin{bmatrix} 0 & \frac{a_1 \delta^+}{1+2\delta^+} & 0 \\ -\frac{a_2 \delta^+}{1+2\delta^+} & 0 & \frac{a_2 \delta^+}{1+2\delta^+} \\ 0 & a_1 \delta^+ & 0 \end{bmatrix}; \Delta B^+ = \frac{1}{L_{f0}} \begin{bmatrix} -a_1 \delta^+ & 0 \\ 1+2\delta^+ & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -a_1 \delta^+ \end{bmatrix}; \Delta F^+(x) = \frac{-\lambda}{L_{f0}} \begin{bmatrix} 0 \\ a_2 \delta^+ \sqrt{x_2} \\ 1+2\delta^+ \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Los modelos (4) y (10) son equivalentes, sin embargo, para tareas de control o estimación robusta, la representación (10) es más conveniente para manejar incertidumbres.

Si se comparan las matrices (11) y (12) en términos de δ^- y δ^+ , se observa que hay una diferencia importante en la forma en que afecta la incertidumbre a los elementos de las matrices. En el caso de ΔA^- , de los cuatro coeficientes en función de δ^- , sólo uno es una función no lineal, mientras que los otros tres cuentan con coeficientes inciertos lineales. Para ΔA^+ , sólo uno de los coeficientes es lineal y tres no lo son, así que la convergencia en la identificación de δ a través de δ^+ puede ser más lenta en ciertos escenarios.

3. Identificación de los parámetros de la fuga¹

Cuando se desean identificar los parámetros del modelo (4), algunos autores [10] [11] [12] proponen un modelo de estado despreciando la dinámica de la x_2 , argumentando que ésta es mucho más rápida que la de los otros estados. En el presente trabajo, se conservan los tres campos vectoriales, junto con los campos $\delta^\mp = 0$, $\lambda = 0$. Esto permite reformular el problema de identificación como una tarea de observación para un sistema aumentado, con $x_a^\mp = (x_1, x_2, x_3, \delta^\mp, \lambda)^T$, el cual se puede escribir como

$$\dot{x}_a^\mp = A_a x_a^\mp + B_a u - \Phi_a(x_a^\mp) - F_a(x_a^\mp) + \Delta A_a^\mp x_a^\mp + \Delta B_a^\mp u - \Delta F_a^\mp(x_a^\mp) \quad (13)$$

donde $A_a = \begin{bmatrix} A_0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$, $B_a = \begin{bmatrix} B_0 \\ 0 \end{bmatrix}$, $\Phi_a(x_a^\mp) = \theta \begin{bmatrix} \Phi(x_a^\mp) \\ 0 \end{bmatrix}$, $F_a(x_a^\mp) = \begin{bmatrix} F(x_a^\mp) \\ 0 \end{bmatrix}$,

$\Delta A_a^\mp = \begin{bmatrix} \Delta A^\mp & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$, $\Delta B_a^\mp = \begin{bmatrix} \Delta B^\mp \\ 0 \end{bmatrix}$, $\Delta F_a^\mp(x_a^\mp) = \begin{bmatrix} F^\mp(x_a^\mp) \\ 0 \end{bmatrix}$, y 0 representa una matriz nula de dimensiones adecuadas.

¹ De este punto en adelante, para simplificar la notación, la dependencia del tiempo en los estados será implícita.

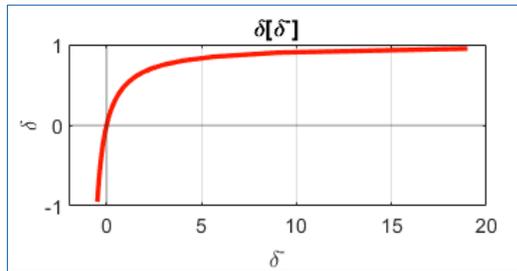


Fig. 3. Comportamiento de $\delta[\delta^-]$

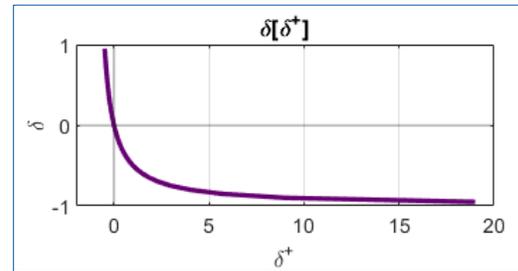


Fig. 4. Comportamiento de $\delta[\delta^+]$

Antes de diseñar el observador para (13), un aspecto que conviene estudiar es la relación de δ en términos de los estados δ^\mp . Las Figs. 3 y 4 muestran claramente la antisimetría y la diferencia de las funciones que caracterizan a δ en términos de los dos estados posibles. Si se selecciona δ^- como estado, cuando $\delta^- < 0$, se tiene una pendiente muy grande y cualquier error pequeño del observador produce un gran cambio negativo en δ . Por el contrario, cuando el estado $\delta^- > 0$, los errores del observador producen incrementos positivos moderados. Un escenario similar se puede ver en la Fig. 4 para la función δ en términos δ^+ . Esta estimación de los estados δ^\mp juega un papel importante en la respuesta transitoria cuando se desea identificar δ , como es el caso que nos ocupa, ya que no se sabe de antemano el signo de este parámetro.

En conclusión, cualquier observador tendrá una convergencia más suave que el otro en función de la posición real, sobre todo para fugas en los extremos del ducto.

a. Estimación vía el Filtro de Kalman Extendido

Uno de los estimadores más utilizados en ingeniería es el Filtro de Kalman (FK) para sistemas lineales debido a sus propiedades de robustez [13]. Su extensión al caso no lineal ha sido aplicada en diversos trabajos relacionados con la localización de fugas, así que se seleccionó la versión extendida del FK para localizar la fuga del modelo (13) con cinco estados y comparando los modelos fraccionales δ^- y δ^+ . Para mayor detalle sobre el diseño del filtro, el lector puede consultar [14]. En el caso que nos ocupa, el algoritmo se reduce a calcular el estado estimado

$$\hat{x}_a^{\mp} = f(\hat{x}_a^{\mp}, u, t) + P^{\mp} C^T R^{-1} (y - C \hat{x}_a^{\mp}), \quad (14)$$

$$y = [x_1 \quad x_3]^T,$$

con $f(\hat{x}_a^{\mp}, u, t)$ la función asociada al campo vectorial de (13) y donde las matrices P^{\mp} son la solución de la ecuación matricial de Riccati

$$\dot{P}^{\mp}(t) = (A_l^{\mp}(t) + I_5 \eta) P^{\mp}(t) + P^{\mp}(t) (A_l^{\mp}(t) + I_5 \eta)^T + Q - P^{\mp}(t) C^T R^{-1} C P^{\mp}(t), \quad (15)$$

con $Q > 0$ y $R > 0$ matrices asociadas con la covarianza del ruido en el estado y en la salida respectivamente, $\eta > 0$ un factor que acelera la convergencia de la estimación, y las matrices $A_l^{\mp}(t) = \partial f(\hat{x}_a^{\mp}, u, t) / \partial \hat{x}_a^{\mp}$ se obtienen a través del Jacobiano de (13) [15]. Para el estimador diseñado se seleccionó $R = 0.1 I_2$, $Q = \text{diag}[1, 10, 1, 200, 1]$, $\eta = 0.01$.

4. Análisis de Resultados

Tabla 1. Parámetros del ducto hidráulico piloto

L	164.73 [m]	b	1560 [m/s]
D	0.076 [m]	θ	0.0158 [$s^2 m^{-6}$]
A_r	$0.25 D^2 \pi$ [m^2]	g	9.81 [$m s^{-2}$]

a. Experimento con datos sintéticos

El objetivo de este escenario fue demostrar la estimación correcta de la posición de fugas en ambas secciones del ducto cuando se diseña un FK extendido para el modelo parametrizado en δ^{\mp} . Para ello, se utilizó como gemelo digital (13) con el parámetro θ de la Tabla 1, asociado a una fricción equivalente. Se hace notar que la planta piloto tiene instalada una válvula estrangulada, la cual provoca una caída de presión de 16.15 [m], así que, en la simulación, se consideraron las presiones en los extremos de $H_0 = 22$ [m] y $H_L = 5.85$ [m] adicionadas con ruido blanco. Para mostrar el comportamiento de los estimadores δ^{\mp} , se provocó una fuga a los 300 [s] de iniciada la simulación, a los 42.36[m] del origen del ducto, la cual se canceló a los 700 [s]. Posteriormente, a los 900 [s] se generó una nueva fuga localizada a los 122.36[m], la cual se eliminó a los 1400[s]. Este escenario se simuló considerando $\lambda = 1.2 \times 10^{-4}$ [m^{5/2} s⁻¹] para ambas fugas.

La Fig. 5 muestra el comportamiento de las estimaciones durante la ventana de tiempo de la simulación. Se observan errores menores al 0.5% en las estimaciones del gasto (\hat{Q}_0 y \hat{Q}_L). Además, para la primera fuga, cuando la trayectoria de la estimación tiende al extremo aguas arriba, se logra aproximadamente un valor constante en 100 [s] con el estimador de $\hat{\delta}^+$, siendo más rápida la convergencia que con $\hat{\delta}^-$. Para la estimación de la segunda fuga, se observa un transitorio más rápido con $\hat{\delta}^-$ respecto a $\hat{\delta}^+$, y converge en aproximadamente 110 [s]. Se hace notar que, en ausencia de fugas, el parámetro toma valores arbitrarios debido a que $\hat{\lambda} = 0$, y $\hat{\delta}^+$ y $\hat{\delta}^-$ tienen múltiples soluciones.

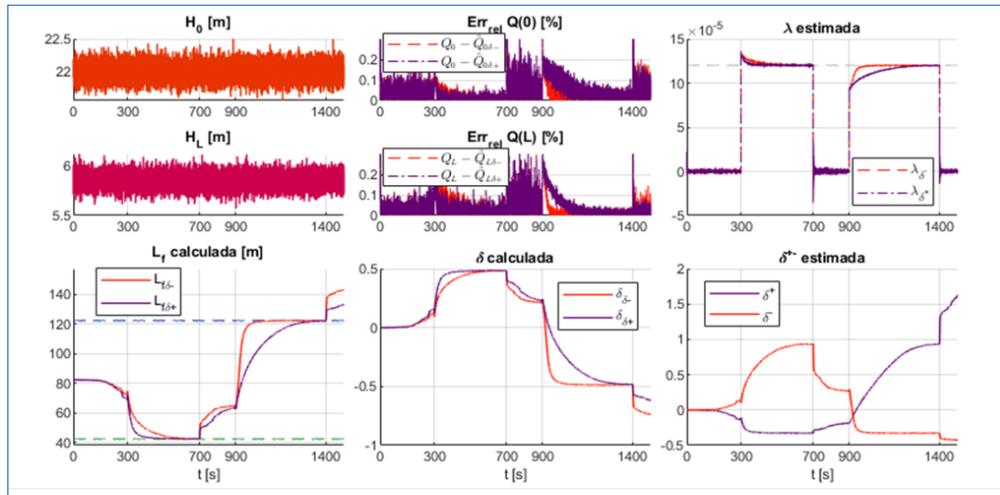


Fig.5. Evolución de la estimación de los parámetros con datos simulados.

b. Experimentos con datos reales

Para validar el procedimiento propuesto, cuando se desea estimar la posición virtual de una fuga equivalente a dos fugas localizadas en L_{f1} y L_{f2} , se utilizó la relación estática

$$L_{f\text{apx}} \approx (L_{f1}Q(L_{f1}) + L_{f2}Q(L_{f2}))Q(L_f)^{-1} \quad (16)$$

reportada en [16], con $Q(L_{f1})$ y $Q(L_{f2})$ los gastos en estado estacionario. El experimento se realizó provocando dos fugas casi simultáneas en el ducto hidráulico piloto con parámetros físicos mostrados en la Tabla 1. La primera, ubicada en $L_{f1} = 43.04 [m]$, se provocó a los 300 [s], y la segunda, localizada en $L_{f2} = 65 [m]$, se activó a los 340 [s].

La Fig. 6 muestra tanto los datos reales muestreados cada 0.1 [s] de las condiciones de operación como los resultados al aplicar el FK Extendido con ambas estimaciones fraccionales, δ^+ y δ^- . Con respecto al error de estimación relativo de los gastos, éste no supera el 8%. En ausencia de fuga, la posición L_f se mantiene a la mitad del ducto con $\lambda = 0$. A partir de la ocurrencia de la primera fuga, la posición virtual se desplaza y se ubica entre 50.6 [m] y 58.5 [m] después de 400 [s].

Por otro lado, registrando los datos de los gastos en los extremos del ducto y entre las posiciones de las dos fugas, se calcularon los valores medios de los gastos $Q(L_{f1})$, $Q(L_{f2})$ y la pérdida total $Q(L_f) = Q(L_{f1}) + Q(L_{f2})$. Así, aplicando (16) se obtuvo la posición equivalente $L_{f\text{apx}} = 52.962$ [m]. Es decir, se tienen errores relativos aceptables entre 4.4% y 10.5% con la estimación usando el FK Extendido. Este resultado muestra el uso del algoritmo para estimar posiciones virtuales y abre una nueva oportunidad para abordar el problema de identificación robusta de múltiples fugas en un ducto.

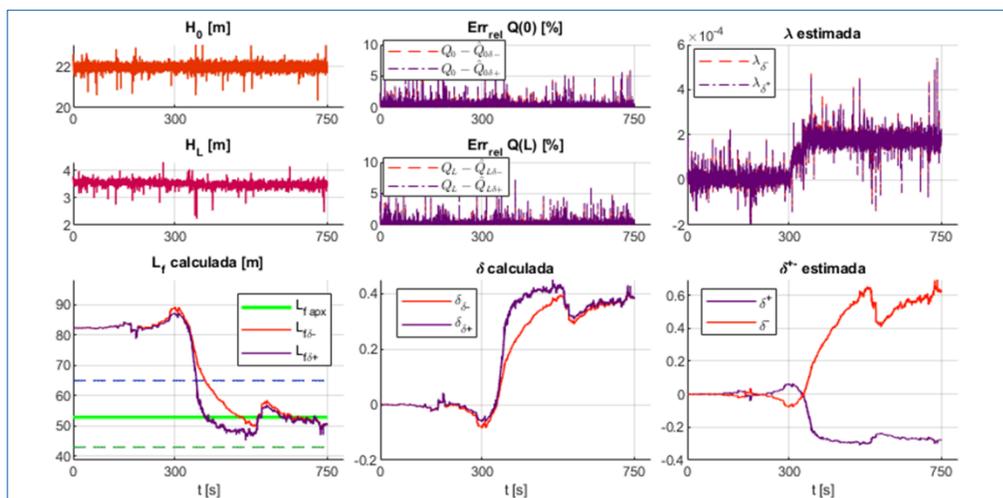


Fig.6. Evolución de la estimación de los parámetros con datos reales.

5. Conclusiones

En este trabajo, se estudió el problema de estimar una fuga en un ducto, aplicando una transformación lineal fraccional en la posición desconocida del modelo. La nueva descripción del modelo formado por una parte nominal y otra incierta mostró ser numéricamente mejor condicionado que los modelos considerados frecuentemente cuando se usa un Filtro de Kalman Extendido como estimador.

Para los dos ejemplos presentados con datos sintéticos y reales del ducto piloto, los tiempos de las estimaciones de la posición y coeficiente de descarga de la fuga fueron del

orden de 300 [s], siendo estos muy satisfactorios. Esta velocidad de respuesta del localizador abre una buena oportunidad para su empleo en problemas más complejos de múltiples fugas secuenciales y simultáneas donde el tiempo de detección es importante.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por CONACYT (No. CVU: 1315574) y la DGAPA UNAM PAPIIT-IT100424. Se agradece el soporte del M. Ing. Rolando A. Carrera durante la adquisición de los datos experimentales.

Referencias

- [1] M. A. Adegboye, W.-K. Fung, y A. Karnik, «Recent advances in pipeline monitoring and oil leakage detection Technologies: Principles and approaches», *Sensors*, vol. 19, no. 11, p. 2548, jun. 2019, doi: [10.3390/s19112548](https://doi.org/10.3390/s19112548).
- [2] X. J. Wang, A. R. Simpson, M. F. Lambert, y J. P. Vítkovský, *Leak detection in pipeline systems using hydraulic methods: a review*. The Institution of Engineers, Australia, 2001. [En línea]. Disponible en: <https://search.informit.org/doi/epdf/10.3316/informit.524927473499176>
- [3] Z. Kowalczyk y K. Gunawickrama, «Detecting and Locating Leaks in Transmission Pipelines», en *Springer eBooks*, 2004, pp. 821-864. doi: [10.1007/978-3-642-18615-8_21](https://doi.org/10.1007/978-3-642-18615-8_21).
- [4] P.-S. Murvay y I. Silea, «A survey on gas leak detection and localization techniques», *Journal Of Loss Prevention In The Process Industries*, vol. 25, no. 6, pp. 966-973, may 2012, doi: [10.1016/j.jlp.2012.05.010](https://doi.org/10.1016/j.jlp.2012.05.010).
- [5] R. Carrera y C. Verde, «Localizador automático de fugas en un ducto», *Ingeniería Hidráulica En México*, vol. 16, no. 2, pp. 139-151, abr. 2001.

- [6] O. M. Aamo, J. Salvesen, y B. A. Foss, «OBSERVER DESIGN USING BOUNDARY INJECTIONS FOR PIPELINE MONITORING AND LEAK DETECTION», *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 39, no. 2, pp. 53-58, ene. 2006, doi: [10.3182/20060402-4-br-2902.00053](https://doi.org/10.3182/20060402-4-br-2902.00053).
- [7] M. Chaundhry, *Applied Hydraulic Transients*, Nueva York: Springer, 1979.
- [8] C. Verde, «Multi-leak detection and isolation in fluid pipelines», *Control Engineering Practice*, vol. 9, no. 6, pp. 673-682, jun. 2001, doi: [10.1016/s0967-0661\(01\)00026-0](https://doi.org/10.1016/s0967-0661(01)00026-0).
- [9] K. Zhou y J. C. Doyle, *Essentials of Robust Control*. 1998.
- [10] J. Rojas y C. Verde, «Adaptive estimation of the hydraulic gradient for the location of multiple leaks in pipelines», *Control Engineering Practice*, vol. 95, p. 104226, nov. 2019, doi: [10.1016/j.conengprac.2019.104226](https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2019.104226).
- [11] H. A. Fernandez-Bobadilla, C. Verde, y J. A. Moreno, «High-Order Sliding Mode Observer for Outflow Reconstruction in a Branched Pipeline», *2021 IEEE Conference On Control Technology And Applications (CCTA)*, ago. 2018, doi: [10.1109/ccta.2018.8511545](https://doi.org/10.1109/ccta.2018.8511545).
- [12] M. A. Negrete y C. Verde, «Multi-leak Reconstruction in Pipelines by Sliding Mode Observers», *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 45, no. 20, pp. 934-939, ene. 2012, doi: [10.3182/20120829-3-mx-2028.00205](https://doi.org/10.3182/20120829-3-mx-2028.00205).
- [13] A. Gelb, *Applied optimal estimation.*, Cambridge: The MIT Press, 1974.
- [14] P. Dorato, V. Cerone, y C. Abdallah, *Linear Quadratic Control: An Introduction*. New Jersey: Prentice Hall, 1995.
- [15] K. Reif, F. Sonnemann, y R. Unbehauen, «An EKF-Based Nonlinear Observer with a Prescribed Degree of Stability», *Automatica*, vol. 34, no. 9, pp. 1119-1123, sep. 1998, doi: [10.1016/s0005-1098\(98\)00053-3](https://doi.org/10.1016/s0005-1098(98)00053-3).
- [16] J. Korbicz, J. M. Koscielny, Z. Kowalczyk, W. Cholewa, y J. Karbicz, *Fault Diagnosis: Models, Artificial Intelligence, Applications*. Germany: Springer, 2004.



Marco de Trabajo Tecnológico y Computacional para la Modelación de Sistemas Complejos Adaptativos

José Luis Gordillo Ruiz

Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Complejidad
Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México.

ORCID: 0009-0000-1267-6647

Christopher Rhodes Stephens

Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias de la Complejidad /
Instituto de Ciencias Nucleares. Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México.

ORCID: 0000-0002-2491-606X

Recepción: 02 de octubre de 2024.

Aceptación: 14 de noviembre de 2024.

Diciembre 2024 • número de revista 11 • <https://doi.org/10.22201/dgtic.26832968e.2024.11.43>

Marco de Trabajo Tecnológico y Computacional para la Modelación de Sistemas Complejos Adaptativos

Resumen

Todos los grandes problemas, tanto nacionales como internacionales, tales como el cambio climático, las enfermedades emergentes, las enfermedades crónico-degenerativas, la pérdida de biodiversidad y muchos más, son reconocidos universalmente como problemas “complejos”. Aunque no hay un consenso sobre la definición de un Sistema Complejo Adaptativo, su multifactorialidad/multicausalidad es un factor crucial que dificulta enormemente su comprensión y predicción. En este artículo, analizamos los retos informáticos, tecnológicos, científicos y políticos que representan, presentando un marco tecnológico y computacional para su modelado en el contexto de algunas de las experiencias generadas en el desarrollo de las plataformas para el Laboratorio para la Simulación de Sistemas Complejos Adaptativos —CHILAM— del Centro de Ciencias de la Complejidad.

Palabras Clave: multifactorialidad, modelos explicativos, inteligencia híbrida, arquitecturas de sistemas.

A Technological and Computational Framework for Modelling Complex Adaptive Systems

Abstract

All major problems, both national and international, such as climate change, emerging diseases, chronic-degenerative diseases, biodiversity loss, and many more, are universally recognized as "complex" problems. Although there is no consensus on the definition of a Complex Adaptive System, its multifactoriality/multicausality is a crucial factor that makes it extremely difficult to understand and predict. In this article, we analyze the computational, technological, scientific and

political challenges they represent, presenting a technological and computational framework for their modeling in the context of some of the experiences generated in the development of the platforms for the Laboratory for the Simulation of Complex Adaptive Systems —CHILAM— of the Center for Complexity Sciences.

Keywords: *multifactoriality, explainable models, hybrid intelligence, system architectures.*

1. Introducción

Si preguntamos: “¿Por qué hay una pandemia de obesidad?” o “¿Por qué el impacto de SARS-Cov-2 era tan diferente entre un país y otro?”, aunque podríamos mencionar algunos factores que se nos ocurren, la verdad es que hay un sinnúmero de factores involucrados, desde la genética y epigenética hasta la economía y las políticas públicas. De hecho, sería difícil identificar una disciplina que no fuera relevante para la comprensión y predicción de estos fenómenos. En corto, son fenómenos sumamente multifactoriales y multicausales.

Aunque uno puede aceptar en lo abstracto la multifactorialidad de estos fenómenos y de otros Sistemas Complejos Adaptativos (SCA), únicamente veremos la posibilidad de comprenderlos y controlarlos mejor si logramos operacionalizar este hecho en nuestros análisis y modelos de predicción de tales sistemas. Fundamentalmente, esta operacionalización requiere superar retos no simplemente científicos, sino también de la política, administración y práctica de la ciencia y la medicina. Además, ofrece retos grandes en las tecnologías de la información y en la Inteligencia Artificial. Finalmente, requiere cambios en cómo individuos y sociedades ponemos en marcha potenciales soluciones de estos problemas complejos para incorporarlos a nuestra toma de decisiones. En este artículo, usaremos las experiencias ganadas en el desarrollo de los proyectos y plataformas del metaproyecto CHILAM del Centro de Ciencias de la Complejidad (chilam.c3.unam.mx) para ilustrar varios de los obstáculos al modelado de los SCA y el marco de trabajo utilizado para intentar superarlos.

2. Multifactorialidad

Aunque existe aún un debate sobre cuáles son todas las características que distinguen si un sistema es complejo o no [1], e incluso podemos decir que no existe una definición concluida y universalmente aceptada de la complejidad en sistemas, desde nuestro punto de vista, uno de sus aspectos más fundamentales es la multifactorialidad, que expresa que en un SCA interactúan una enorme cantidad de factores, sumamente heterogéneos en cuanto a su tipo y origen, asociados con distintas escalas espaciales, temporales y orgánicas, y que todos ellos pueden jugar un papel importante en el comportamiento del mismo.

En realidad, la multifactorialidad no es difícil de captar. Muchos la aceptamos como una propiedad de los problemas complejos, donde su existencia es evidente en una gran cantidad de fenómenos. Por ejemplo, en el área de la obesidad y las enfermedades metabólicas, en [2] se enfatiza la caracterización del fenómeno, es decir, su naturaleza multifactorial. Es importante preguntarnos qué hacer con ella. Una estrategia casi universal, tanto entre los científicos como los no-científicos, es “dividir y conquistar” —reduccionismo asociado con tratar de enfocarse en algunas variables particulares como si fueran de carácter general. Desafortunadamente, muchas veces este reduccionismo no surge de un análisis extenso de los distintos factores, buscando de forma cuantitativa y objetiva cuáles son más importantes que otros, sino, más bien, está basado en sesgos disciplinarios, donde, por ejemplo, los geneticistas se concentran en las variables genéticas, los psicólogos en las variables psicológicas, los sociólogos en las variables sociológicas, etc.

Los modelos de tipo Susceptible-Infectado-Recuperado (SIR) son otro ejemplo de la tendencia a tratar de simplificar las cosas en el contexto de las enfermedades transmisibles, donde el número pronosticado de casos de la enfermedad a tiempo t depende únicamente de su número a tiempo $t-1$ y un parámetro (R_0). Sin embargo, es inútil tratar de entender, explicar, predecir y modificar un SCA a través de la interacción de solamente unos cuantos de los factores que lo influyen. Como ya hemos mencionado, el punto clave es operacionalizar la multifactorialidad, es decir, proporcionar métodos y herramientas que permitan su inclusión cognitiva en el intento de comprensión, análisis y predicción de un SCA.

Pongamos por ejemplo la salud pública. Ésta se compone de la salud de cada uno de los individuos de un grupo social (podemos considerar un cierto sector de la población o la

de un lugar en particular). La salud de un individuo se determina a través de su estado físico, estudios de laboratorio, etc., pero ¿Cuáles son las causas de su estado de salud? Podemos considerar un sinnúmero de factores: su alimentación, su estilo de vida, su perfil psicológico, su perfil familiar, sus particularidades genéticas, su microbiota. Éstos, a su vez, están influidos por su entorno: acceso a servicios de salud, de educación, de cultura, entretenimiento, deporte, entre muchos otros. Podemos ver entonces que se involucran factores sociales, geográficos, económicos, etc., específicos de los lugares en donde éste vive.

En el contexto de la comprensión y predicción de un SCA y su uso en la realidad, es importante considerar los requisitos necesarios. Imaginemos que se quiere predecir la probabilidad de que alguien padece de diabetes o que un municipio tendrá un aumento en el número de difuntos por Covid. En ambos casos, se puede representar una variable dependiente C e intentar relacionarla con un conjunto de predictores \mathbf{X} como variables independientes. Si imaginamos que la relación entre C y \mathbf{X} puede ser modelada por una probabilidad $P(C|\mathbf{X})$ —la probabilidad de ver el valor de la variable dependiente C dado los valores de las variables independientes—, podemos preguntarnos: ¿basta tener una predicción precisa de esta cantidad? Para contestar esto, se puede imaginar un escenario en donde se informe a alguien que tiene una alta probabilidad de ser diabético en 20 años. Como individuo o médico, de igual o más importancia es la causa asociada con la predicción. ¿La probabilidad es alta por razones genéticas o por estilo de vida? Y, si es el último, ¿es más por falta de actividad física o de malnutrición? Las acciones necesarias para reducir el riesgo dependen completamente de la posibilidad de analizar las relaciones entre cada factor X_i y su relación con C .

Dado este requisito, no basta el uso de un algoritmo de Inteligencia Artificial (IA), pues es una “caja negra”. Al contrario, es vital que la IA sea explicable. Independientemente del algoritmo usado, hay tres propiedades de la relación entre C y X_i que deben ser consideradas: i) la fuerza de la correlación entre C y X_i , así como su grado de significado estadístico; ii) el grado de causalidad de la relación entre C y X_i —por ejemplo, si es directo, indirecto o una pura correlación; iii) el grado de accionabilidad de la variable X_i , es decir, si es una variable que puede ser sujeta a un cambio por una intervención externa. Aunque varios algoritmos de IA son capaces de ayudar con i), es la Inteligencia Humana (IH) la que es un componente esencial para ii) y iii). La combinación óptima entre la IA y la IH —la Inteligencia Híbrida— es

aquella que es vital para un mejor entendimiento y predicción de los SCA y que cualquier sistema de ayuda en la toma de decisiones debería tomar en cuenta.

3. Enfrentando la Multifactorialidad: El problema de los Datos

¿Cómo operacionalizamos la multifactorialidad? En primer lugar, en vez de tratar de producir modelos simples, debemos encontrar la forma de incluir todos los factores que sean posibles. Para cualquier tipo de modelo —simple o multifactorial—, se necesitan datos. Podemos imaginar, desde un enfoque interdisciplinario, qué información necesitamos para representar cada uno de los factores generales mencionados en los ejemplos anteriores, tanto para enfermedades metabólicas como para enfermedades transmisibles. Justamente, buscamos que sean estos datos, heterogéneos y complejos, la materia prima para crear modelos que incluyan dicha multifactorialidad. Sin embargo, involucrar estos datos en los modelos implica el enfrentar una serie de retos tecnológicos y computacionales, no solamente por su número, sino también por la multidisciplinariedad y multi-institucionalidad de su origen, la heterogeneidad de sus formatos y sus aspectos tanto sintácticos como semánticos.

a) Multidisciplinariedad: fragmentación de la información.

Empezamos entonces por determinar qué datos necesitamos para construir nuestros modelos. Esto está influido por las preguntas que estemos planteando sobre el SCA en cuestión. Por ejemplo, si queremos averiguar si hay una correlación entre un cierto polimorfismo y obesidad, quizá solo necesitemos datos genéticos. Por el contrario, si nuestro interés es encontrar todos los factores que configuran un riesgo para la obesidad, entonces necesitaremos una gran multiplicidad de datos, tal como ejemplificamos anteriormente. Aquí encontramos una primera dificultad: la fragmentación de la información. Vivimos en un mundo que es sumamente disciplinar, en donde las organizaciones que recolectan, curan y ofrecen información se dedican exclusivamente a los datos de una disciplina particular, o en una área de responsabilidad particular en el caso de gobiernos y otras organizaciones. Existen pues bancos de datos “ómicos” (genómicos, proteómicos, etc.), bancos de datos

geográficos, bancos de datos socioeconómicos, pero no existe un sitio o servicio que ofrezca datos de varias disciplinas con criterios unificados de recolección y exposición. Además, no todos los datos están disponibles públicamente.

Otro elemento crucial es la cuestión del grado de conmensurabilidad de los datos. Para entender esto, primero hay que recordar que la gran mayoría de la información está indizada en una base de datos por un identificador de una persona o un lugar como elementos atómicos, por ejemplo, en los expedientes clínicos de los miembros del IMSS o los datos censales de la INEGI sobre los AGEBs o municipios de México. Puede ser, en el caso de individuos, que exista una base de datos de una población asociada con un estudio transversal llevado a cabo por el Instituto Nacional de Medicina Genómica sobre varios factores de riesgo genético para el diabetes mellitus tipo 2. Igual, puede existir una base de datos de un estudio longitudinal en el Hospital General de México asociada con una población de la CDMX con factores fisiológicos —estudios de bioquímica sanguínea y de antropometría— de una población de pacientes de ese hospital. Igualmente, existe la base de datos de la ENSANUT 2020 [3], donde hay información en extenso del consumo de alimentos de la población que participa en esta encuesta. El punto importante es que no existe una base de datos sobre una población que contenga la información detallada de estos tres estudios independientes, aunque puede ser que los tres diferentes estudios tengan una meta en común: entender los factores de riesgo de la diabetes mellitus tipo 2 en México. Es por eso que estos estudios no son conmensurables, pues cada estudio ofrece nada más que una versión muy simplificada de la realidad compleja de la enfermedad.

Es un reto enorme de las políticas públicas, tanto dentro como fuera de la ciencia, tomar una perspectiva multifactorial que rete y rebase las fronteras disciplinarias y rompa las paredes entre instituciones. Primero, requiere una coordinación entre diferentes actores e instituciones que simplemente no existe actualmente. Segundo, requiere que los investigadores identifiquen y reduzcan sus sesgos tanto disciplinarios como personales, y que subordinen sus propios intereses al beneficio del todo. Desafortunadamente, los incentivos a la comunidad científica y médica no propician un enfoque así.

En el caso de datos espacio-temporales, el fenómeno de inconmensurabilidad también existe. Por ejemplo, una base de datos asociada con un estudio de los potenciales huéspedes o vectores de la enfermedad de Chagas en Tamaulipas no es conmensurable con una base

asociada a un estudio de los factores ambientales que fomentan la presencia de triatominos en Chiapas.

Afortunadamente, en el caso de datos espacio-temporales, existen varias bases de datos públicas con cobertura nacional. Algunas de las organizaciones que han servido como fuentes de los datos (ver Tabla 1) que hemos incorporado a las diferentes plataformas del Laboratorio Chilam son:

- CONABIO. Sistema SNIB, que contiene los registros de observaciones de diferentes especies a lo largo de todo el territorio de México [3].
- Worldclim. Bases de datos de información sobre el clima (temperaturas, niveles de precipitación, entre otros) a nivel planetario y con una muy alta resolución [4].
- INEGI. En particular, se han utilizado los Censos 2010 y 2020 [5].
- CONEVAL. Datos de medición de pobreza [6].
- Secretaría de Salud. Datos abiertos de la pandemia de Covid19 [7].
- Secretaría del Bienestar. Datos sobre programas sociales de apoyo al campo [8].

Vale la pena enfatizar la pertinencia de que exista información pública y procesable de fenómenos emergentes. Por ejemplo, la información disponible acerca de los casos de SARS-CoV2 en México permitió la creación de las plataformas EPI-PUMA 1.0 [9] y EPI-PUMA 2.0 [10], en las cuales se pudieron construir modelos predictivos de diversos fenómenos relacionados con la epidemia, por ejemplo, predicción de su evolución territorial, o modelos de riesgos para personas de acuerdo a sus perfiles de edad, presencia de comorbilidades, lugar de residencia y otros factores sociales.

Es importante enfatizar que ninguna de estas bases de datos fue armada por una organización con un propósito que tomara en cuenta los propósitos de las demás organizaciones. El hecho de que tengan traslapes significativos en espacio y tiempo permite que puedan ser potencialmente integradas para dar una perspectiva mucho más multifactorial de un lugar como un municipio.

Cuando no existen los datos requeridos, constituye un reto colosal generarlos. Como casos específicos, podemos citar el proyecto "Project 42" [11] del Laboratorio Chilam y el Atlas de Enfermedades Infecciosas del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático

[12]. En el primero, se ha conseguido reunir información sumamente amplia de distintos grupos de individuos. La información recabada incluye datos antropométricos, familiares, de hábitos, clínicos, genéticos y psicológicos, entre varios otros. En el segundo, se ha recabado información de casos de enfermedades infecciosas que incluye al patógeno, los hospederos y los vectores. Entre las enfermedades incluidas están Chagas, Lyme, Chikunguya y leishmaniasis, entre varias más.

Tabla 1. Información de algunas fuentes de datos usadas en las plataformas del Laboratorio Chilam.

Datos	Origen	Número de variables	Tipo de valores	Número de registros
Encuesta Trabajadores/UNAM	C3/UNAM	855	Diversos tipos	1075
Encuesta UNAM/Ibero/UGto/UniSalud	C3/UNAM	523	Diversos tipos	721
SNIB	CONABIO	>30	Categorico (+60 mil valores)	más de 15 millones
WorldClim	WorldClim	19	Numéricos / espaciales	238324
Censo2020, Censo2010	INEGI	221	Diversos tipos / espaciales	545650
COVID DGE	Secretaría de Salud	30	Diversos tipos	más de 18 millones

Datos	Origen	Número de variables	Tipo de valores	Número de registros
Atlas de Enfermedades Infecciosas	ICACC/UNAM	> 20	Categorico (136 valores)	72580

b) Heterogeneidad: La Transformación de Datos.

Después de conseguir los datos, el reto es encontrar la manera de relacionar aquellos que son de distinta naturaleza en varios sentidos. Los datos multifactoriales no solamente son de distinto tipo (categóricos, numéricos, series de tiempo, etc.), sino también de distintas escalas en alcance, espacio y tiempo (individuales o poblaciones, de una localidad particular, o regionales, semanales, históricos, etc.). Algunos datos son medidas de extensión y otros de intensidad. ¿Cómo podemos involucrar en un mismo modelo el número de camas de hospital de un municipio y el porcentaje de casas con agua potable? En nuestra estrategia, que está basada en las metodologías de los clasificadores Bayesianos [13], la clave es construir modelos clasificadores, para los que, en primer lugar, hay que definir un ensamble o conjunto de entidades. Este ensamble es primordial para la construcción de los modelos, porque constituye la forma en que transformamos datos de múltiples dominios (en un sentido matemático) a datos en un único dominio, que es el ensamble. De esta forma, todos los datos se vuelven conmensurables. Esta conmensurabilidad consiste en co-ocurrencias, es decir, dos variables ocurriendo en el mismo elemento del ensamble.

Los ensambles, en sí mismos, son un conjunto abstracto, pero en Chilam hemos encontrado que es útil para la semántica de cada aplicación conceptualizarlos en dos géneros bien diferenciados: de objetos (típicamente personas) y de lugares (espaciales). Los primeros se utilizan en el estudio de problemas en donde la pregunta principal es “¿a quién?”. Los ensambles mismos surgen a partir de los datos, cuya naturaleza es discreta, de modo que su construcción es muy directa ya que el ensamble suele ser el mismo conjunto de entidades que constituyen el conjunto de datos. Por ejemplo, en modelos para Covid, el

ensamble es el grupo de personas cuyas pruebas y resultados están registrados en los datos que proporciona la Secretaría de Salud.

Los ensambles de lugares se utilizan en el estudio de problemas ecológicos y/o geográficos, en los que la pregunta principal es “¿en dónde?”. En este caso, el ensamble no surge directamente de los datos, sino de la región espacial sobre la que se hace la investigación, por ejemplo, el territorio de México. La forma en que se construye el ensamble es partiendo el territorio en un conjunto de celdas regulares (en resoluciones de algunos km²) o irregulares (por divisiones políticas, como AGEs o municipios) [14]. Para poder convertir un conjunto de datos en un ensamble de lugares, es necesario que cada dato en el conjunto contenga una referencia espacial (coordenadas, municipios, etc.). Una aclaración pertinente es por qué no hacemos que las propias coordenadas contenidas en los datos sean los elementos del ensamble. Las razones son: a) no todos los conjuntos de datos con referencias espaciales están a una resolución tal que nos permitan hacer eso; b) más importante todavía, aunque todos los datos estuvieran a una resolución máxima, ¿cuántas veces podríamos observar la co-ocurrencia de dos variables exactamente en el mismo punto (medido al menos en grados y minutos)? La respuesta es que casi ninguna. Así pues, en los casos de ensambles de lugares, es necesario transformar todos los datos que queremos involucrar en una resolución común. Esto se consigue mediante alguna función de agrupamiento (conteos, promedios, máximos, etc.). A este proceso lo denominamos “*coarse graining* espacial”.

Generalmente, es recomendable modelar una resolución asociada con los datos de menor resolución. Por ejemplo, si se quieren combinar los datos del clima usando WorldClim, que están al nivel de un pixel de un ráster, con datos socio-económicos y demográficos del censo, que están al nivel de AGEs o municipio, es necesario convertir los datos de mayor resolución, en este caso pixeles, en los de menor resolución. Si se toma una variable en particular, como temperatura promedio anual, hay múltiples maneras en que se puede mapear esta variable en un municipio. Por ejemplo, se puede tomar el valor promedio de esa variable en el municipio, su varianza o cualquier otra propiedad que se pueda derivar de la distribución de valores en el grupo de pixeles que lo conforman. Es importante notar que no es posible mapear de mayor hasta menor resolución sin hacer supuestos. Por ejemplo, sabiendo el municipio en que un individuo reside, es posible asociar una variable del censo

al nivel municipal a esa persona. Sin embargo, uno está asumiendo que cada persona en el mismo municipio cuenta con el mismo valor de esa variable.

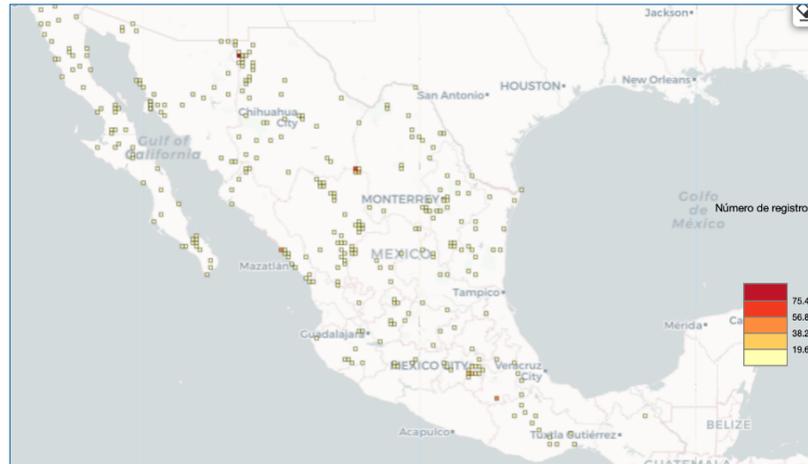


Figura 1. Visualización de la conversión de registros de observaciones de la especie *lynx rufus* a un ensamble espacial [4].

Por otro lado, hay que hacer otra consideración: la temperatura promedio de un elemento de un ensamble espacial puede ser, digamos, 14.453 °C. La estatura de una persona puede ser, digamos, 1.654 metros. ¿Cuántos lugares y cuántas personas puede haber en el ensamble que tengan esa misma configuración? Lo más probable es que, a esa resolución de la medición, ninguna más. Esto implica que el número de co-ocurrencias con otra variable sería 0 ó 1, y eso es inservible para el método del clasificador. Para este tipo de datos, es necesario hacer una nueva transformación, que denominamos “coarse graining de dominio”, que puede ser vista como la conversión de una variable no-categorica a una categorica. Existen varios métodos, por ejemplo, crear deciles (‘n’-iles, en realidad), o grupos utilizados en la disciplina de donde provienen los datos (p.ej, infante, niño/a, adolescente, adulto/a, adulto/a mayor). En el caso de una variable ordinal, como temperatura o estatura, la pregunta surge: ¿cuántas categorías son mejores? Con más categorías uno puede tener una mejor representación de la relación entre una variable dependiente —una clase— y una independiente categorizada. Sin embargo, para un número fijo de datos, uno terminará con menos datos dentro de una categoría con importantes errores de muestra correspondientes. Además, puede ser que haya mucha heterogeneidad en el número de datos en diferentes

categorías y, por lo tanto, cualquier estimado de la significancia estadística entre una variable dependiente y una categoría de una variable independiente será dependiente de ese número. Una manera de evitar ese problema es seleccionar categorías tales que el número de datos en cada categoría sea similar. En el caso de categorías predefinidas, esto no es posible.

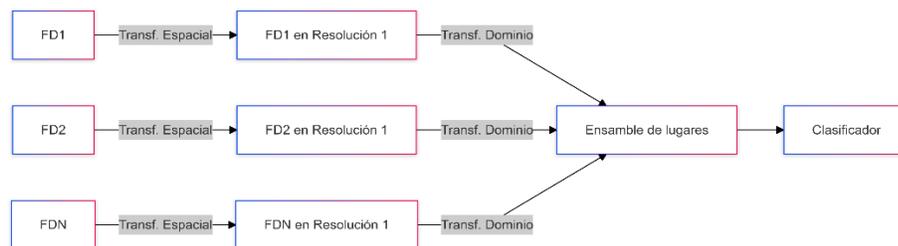


Figura 2. Transformación de múltiples fuentes de datos a un ensamble de lugares.

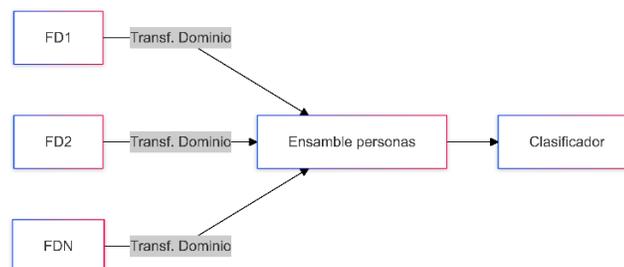


Figura 3. Transformación de fuentes de datos a ensambles de "personas".

c) Calidad de los datos.

La calidad de los datos se refiere a la cantidad relativa de errores que surgen de sus procesos de recolección y transformación. Es imposible que no existan errores en la recolección de datos. En la práctica, es casi imposible y definitivamente vano tratar de enmendar o filtrar estos errores para poder usar fuentes perfectas, pues eso requeriría una inversión muy grande en recursos humanos, lo que nunca está disponible y, de estarlo, sería mejor utilizarlos en procesos más productivos.

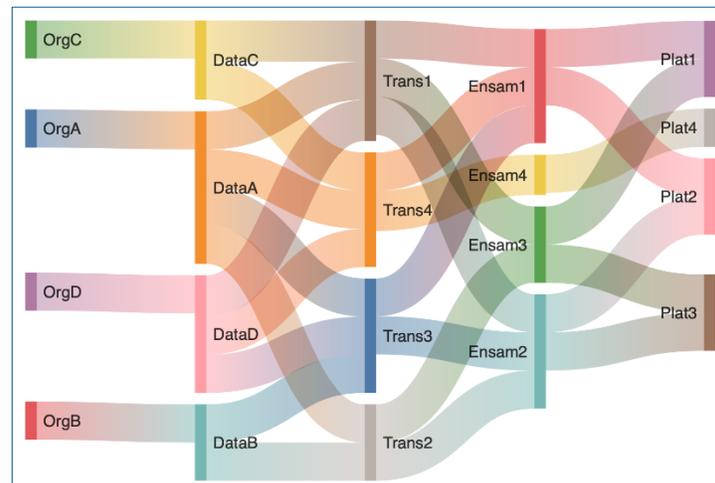


Figura 4. Esquema del flujo de información desde las fuentes originales hasta las plataformas.

La transformación (los procesos de *coarse graining*) requiere una buena cantidad de recursos humanos. En la Figura 4, podemos apreciar de forma muy esquemática la cantidad de procesos que surgen de transformar varias fuentes de datos de diferentes maneras y su uso en diferentes aplicaciones. Si bien los métodos y algoritmos para hacer las transformaciones no son complicados, es necesario determinar para cada variable (cada medición contenida en las fuentes de datos) su naturaleza y la forma en que ésta debe ser tratada en la transformación, así como la manera en que se deben manejar casos límite. Por ejemplo, no es lo mismo transformar las mediciones “grado de estudios”, “grado promedio de estudios de la población” y “porcentaje de la población con estudios de primer nivel”, aunque las tres se refieren a una misma materia. Otro ejemplo son los deciles: en varios casos, en los que aparentemente la forma más natural de utilizar una variable es su transformación a deciles, simplemente no hay suficientes valores distintos para generarlos o, peor aún, en variables que tiene valores en el tiempo, habrá periodos en donde sí se puedan generar los deciles y en otros no. Otras dificultades surgen debido a las estructuras subyacentes de la información, como pueden ser entidades organizacionales a las que están referidas. Por ejemplo, los municipios en los censos 2010 y 2020 no son los mismos. Todo lo anterior constituye un reto no tanto por la dificultad de manejar cada una de las situaciones, sino porque no existe una forma algorítmica para decidir el proceso para todas las variables,

de modo que se convierte en un proceso semi-manual que consume una gran cantidad de tiempo, ya que el número de variables es bastante grande, como se puede ver en la Tabla 1.

4. Modelado de Datos Multifactoriales Conmensurables.

Hemos descrito de forma muy simplificada todo un proceso de selección, recolección y transformación de datos para llegar a conjuntos de datos conmensurables. Esta conmensurabilidad tiene dos importantes componentes: i) que las fuentes originales son conmensurables —es decir, que corresponden a la misma población en el ensamble de personas o la misma región geográfica y en el ensamble de lugares; ii) que las resoluciones de los datos son conmensurables —en otros términos, que cada variable tiene un valor que se puede asignar a cada elemento atómico del ensamble. En el caso de una población, donde el elemento atómico es una persona, significa que cada variable es asignable a una persona. Si el nivel de agregación es a nivel de una familia, requiere que cada variable pueda estar asignada a ésta. Si los datos originales son de individuos, esto requiere un *coarse graining*. En el caso de una región geográfica, requiere que cada variable sea asignable al nivel de un elemento del ensamble, sea AGEb, municipio o una celda regular.

Habiendo establecido los requisitos respecto a los datos mismos, hace falta aún hablar del paso final en la operacionalidad de la multifactorialidad: ¿cómo usar todos estos datos? Esto requiere que se tome un conjunto de variables independientes, representado, por ejemplo, como un vector $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_N)$ y se use para predecir una variable dependiente C . Hemos enfatizado que la perspectiva de los clasificadores Bayesianos ofrece un marco universal para hacer esto a través del cálculo de $P(C|\mathbf{X})$, la probabilidad condicional para ver un valor (categoría) de la variable dependiente dado un vector de valores (categorías) de las variables independientes. Hay varios algoritmos de Aprendizaje de Máquina que pueden ser usados para el cálculo de $P(C|\mathbf{X})$. En CHILAM, se usa la aproximación de Bayes Ingenuo donde se usa el teorema de Bayes para relacionar el posterior $P(C|\mathbf{X})$ a la verosimilitud $P(\mathbf{X}|C)$, haciendo la suposición de que los componentes X_i del vector son independientes respecto a la clase C . Este algoritmo tiene la gran virtud de facilitar el cumplimiento de las tres características mencionadas en la sección 2. En primer lugar, asigna un *score* a cada valor (categoría) de cada

variable y su significado estadístico. Segundo, por ser transparente, variable por variable permite al modelador analizar el potencial de causalidad y accionabilidad de cada una.

5. Modelado de Sistemas Complejos Adaptativos como Plataforma-como-un-Servicio

Uno de los objetivos del Laboratorio Chilam es construir plataformas en donde las personas puedan tanto aprovechar los datos como los algoritmos correspondientes para hacer investigación de SCA sin que sean expertos en IA.

La primera consideración es acerca de cómo conectamos las diferentes fuentes de datos con las diferentes plataformas. Para esto, lo primero que debemos considerar es cómo organizamos los datos, para lo cual es necesario tener en cuenta al menos cuatro aspectos:

1. Flexibilidad para acceder a datos que son completamente heterogéneos.
2. Eficiencia en la lectura y procesamiento de los datos.
3. Simplicidad para la modificación y adición de nuevos datos.

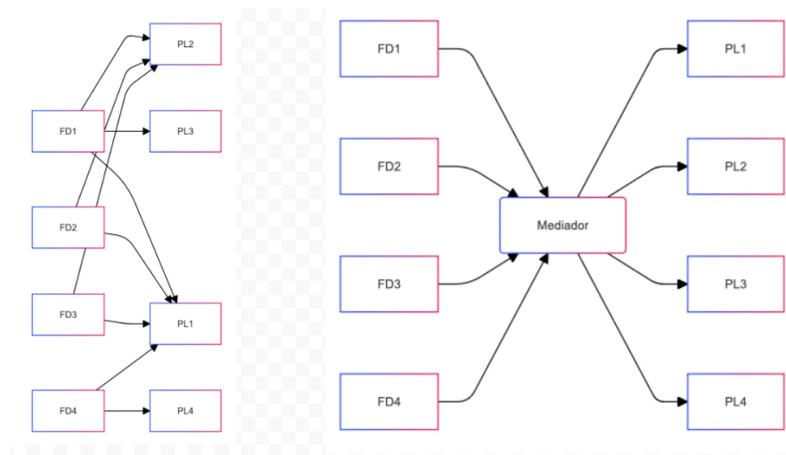


Figura 5. Integración de datos a plataformas con y sin mediador.

Estos aspectos configuran una gama de opciones, en cuyos extremos podríamos mencionar, por un lado, el agrupar a todos los datos en una única base de datos e, incluso,

en una única relación (tabla) con algunos mecanismos para manejar su heterogeneidad; por el otro, mantener cada elemento de información en su propia base de datos. Durante la experimentación que hemos realizado a través del desarrollo de distintas plataformas, hemos encontrado que un elemento crucial para reducir la complejidad tecnológica en estos procesos es no usar los datos directamente, sino a través de un mediador, siendo GraphQL [15] una de las herramientas que hemos adoptado en algunos de nuestros desarrollos para este fin.

Por otro lado, ¿qué podemos esperar si ofrecemos a una persona la posibilidad de hacer una selección de entre cinco mil opciones y después le presentamos los resultados de éstas con múltiples combinaciones? Si hiciéramos una preselección, ¿no estaríamos dirigiendo al usuario hacia una dirección en particular, eliminando así la riqueza que proporciona la multifactorialidad? En cambio, dejar todos los factores posibles conduce al problema de sobrecarga de opciones, un sesgo cognitivo que ocurre cuando alguien está enfrentado con demasiadas opciones [18]. Así, un elemento muy importante, y de difícil solución, es proporcionar a los usuarios interfaces intuitivas y adecuadas para manejar la multiplicidad de datos y resultados involucrados en los modelos. Una estrategia útil es agrupar factores y permitir la selección/despliegue por grupos según una ontología particular.

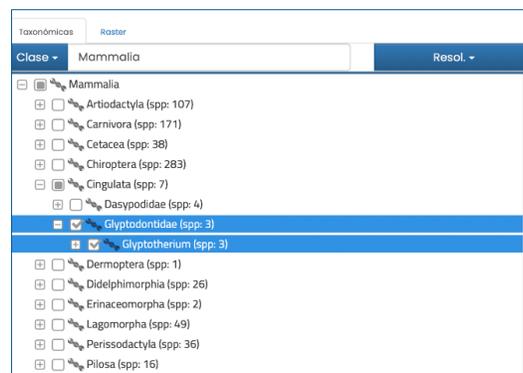


Figura 6. Interfaz de selección por grupos (taxonómicos). Permite la selección a diferentes niveles. También se muestra la selección por tipos ("Taxonómicas", "Ráster") [4].

Para el caso de la selección, una estrategia recurrente es agrupar factores y permitir la selección por grupos. Estos grupos se pueden formar bajo diferentes criterios: las diferentes fuentes de los datos (p.ej WorldClim, INEGI, etc.), su semántica (datos de clima, datos

demográficos, datos socioeconómicos, etc.), o información intrínseca de los datos (p.ej, taxonomías de especies). Al mismo tiempo, los grupos son útiles para la presentación de los modelos. Los modelos para ensamblajes espaciales se pueden beneficiar fácilmente de elementos visuales, principalmente mapas interactivos aumentados con escalas de colores y elementos desplegados, como el mostrado en la Figura 7 que está tomado de la plataforma SPECIES (species.conabio.gob.mx).

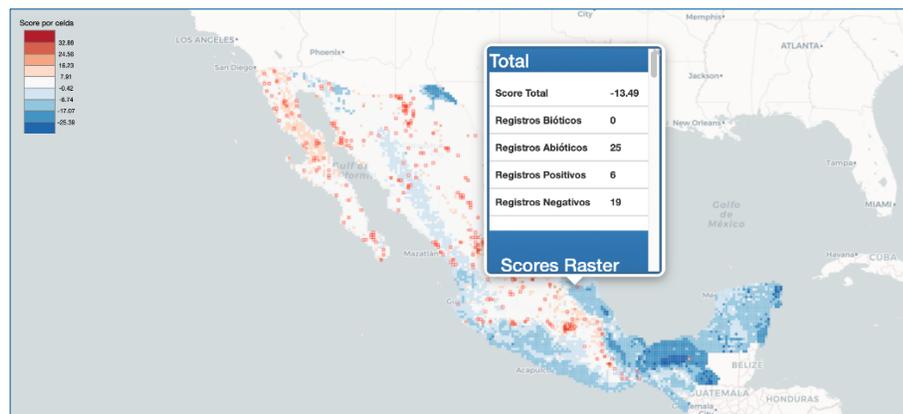


Figura 7. Representación gráfica de un modelo para la especie “Lynx Rufus” de la plataforma SPECIES [4].

Ejemplo de uso del marco de trabajo: la plataforma EpiSpecies.

EpiSpecies es una plataforma para la modelación de enfermedades zoonóticas en México. Es útil para responder preguntas del tipo de “¿En qué zonas del país se pueden presentar brotes de alguna enfermedad zoonótica?”. Las fuentes de datos que se han integrado a EpiSpecies son: Atlas de enfermedades infecciosas, SNIB, WorldClim, INEGI y Clima Futuro. A partir de los datos de la Tabla 1, podemos decir que en esta plataforma se integran cerca de 250 variables numéricas, observaciones de más de 60 mil especies y varios millones de registros.

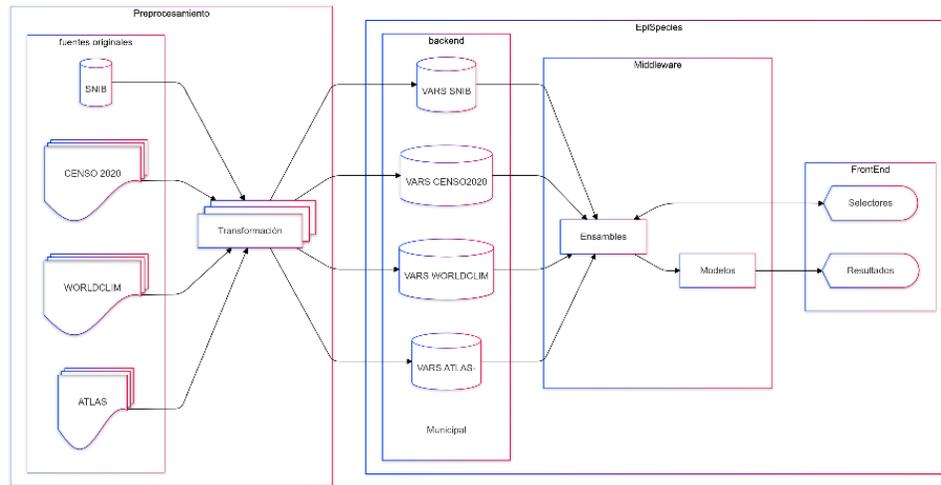


Figura 8. Diagrama de datos y procesos de la plataforma Epi-Species.

En la Figura 8, podemos observar de forma esquemática la aplicación del marco de trabajo en la construcción de esta plataforma. La sección de "preprocesamiento" consiste en hacer conmensurables las diferentes fuentes y tipos de datos, tomando en consideración lo discutido en la Sección 3. El resultado es un conjunto de bases de datos (sección *backend*) que contiene las representaciones de los datos en un ensamble de municipios de México. La sección *middleware* contiene dos procesos: "Ensamble" y "Modelos". El primero se encarga de tres cosas: a) descubrir las variables almacenadas en el *backend*, b) presentar estas variables al *frontend* y c) enviar la selección de variables (la clase y los variables independientes) al proceso "Modelos". Este último se encarga de construir el modelo de acuerdo a los parámetros recibidos y enviar esta información al *frontend*.

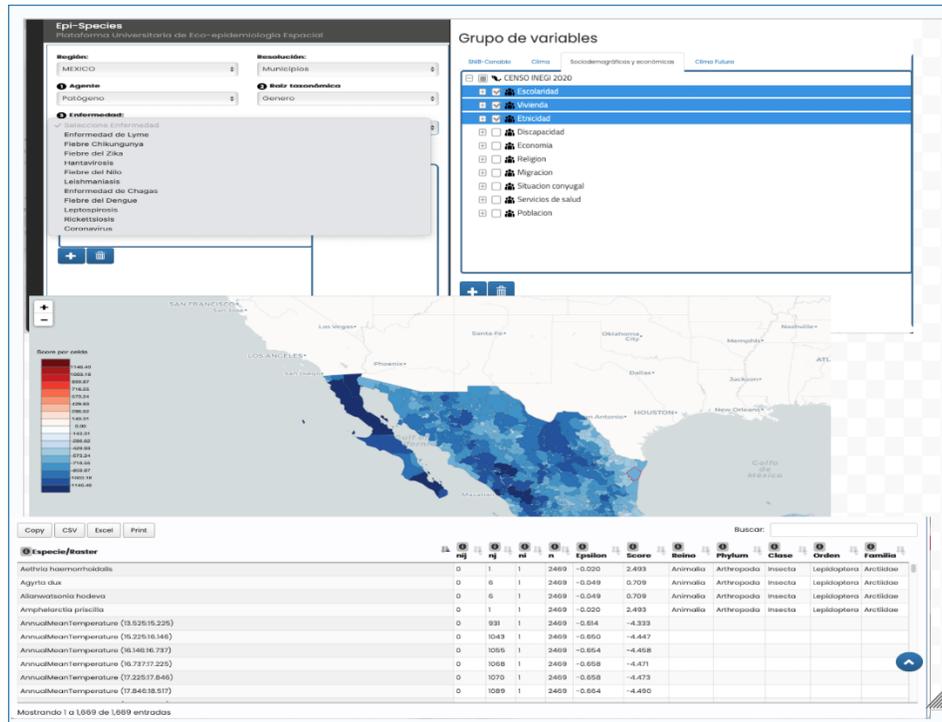


Figura 9. Diferentes elementos del *frontend* de EpiSpecies. Arriba, se pueden observar los elementos para seleccionar la clase y las variables dependientes. Abajo, partes de los elementos que muestran los resultados del modelo.

En la Figura 9, se muestran algunos elementos del *frontend* o “interfaz de usuario” de la plataforma EpiSpecies. Arriba, se pueden observar los elementos para seleccionar la clase y las variables dependientes. La clase —que en este caso es la presencia de una enfermedad— se puede escoger a partir de sus patógenos, hospederos o vectores. Las variables dependientes se pueden escoger por grupos. Por ejemplo, en la figura vemos que las variables del censo están organizadas con una semántica particular. Abajo, se muestra parte de un mapa que representa el riesgo para cada municipio, que es una de los resultados del modelo, mientras que, en la tabla, se muestra la contribución de cada variable.

Es importante señalar que, en el contexto de la creación de una multitud de distintos modelos predictivos en plataformas que contienen hasta miles de variables como predictores, hay tres principales dimensiones para la validación y evaluación de las

plataformas y los modelos individuales: i) en términos de las plataformas: ofrecen la flexibilidad y rapidez para poder crear un clasificador $P(C|X)$ para un gran variedad de clases de interés C , y con un número grande de predictores X , de diferentes tipos en segundos; ii) en términos de la predictibilidad de un modelo, permiten validar el desempeño de los modelos usando métricas estándares de la clasificación, como la matriz de confusión y la curva de ROC; iii) en términos de la explicabilidad de los resultados, permiten ver la contribución predictiva explícita de cada variable X_i al clasificador, su significancia estadística y, usando la Inteligencia Humana, su interpretación y posible accionabilidad. Por ejemplo, en EpISpecies, se puede crear un modelo con target siendo casos de una enfermedad, incluyendo datos climáticos y factores bióticos, como mamíferos, que pueden ser potenciales hospederos del patógeno, como predictores. Al analizar el modelo, se puede evaluar la contribución de los factores bióticos y abióticos a su desempeño, notando que los factores bióticos son más predictivos y que un modelo que incluye los dos conjuntos de factores es aún más predictivo que un modelo con cada conjunto por separado. El modelo luego puede ser interpretado, por ejemplo, hipotetizando que los mamíferos más predictivos pueden ser hospederos del patógeno.

6. Conclusiones

Los grandes problemas nacionales y globales son tanto multifactoriales como multidisciplinarios. Es necesario que estas dos características deban no sólo ser tomadas en cuenta, sino ser operacionalizadas en modelos si queremos realmente entender y predecir estos problemas. Operacionalizarlas implica afrontar varios retos. En primer lugar, la fragmentación de visiones y de información que es el resultado de un contexto que por mucho fortalece más a la unidisciplinarietà. En segundo lugar, las dificultades computacionales y tecnológicas que representan la integración y utilización conjunta de una multiplicidad de datos, en cuanto a fuentes, intenciones, sintaxis y semántica. Las estrategias de IA que se adopten deben ofrecer la posibilidad de hacer conmensurable dicha multiplicidad, además de proveer modelos que no solamente sean predictivos, sino también explicativos, de modo que sea posible entender la intensidad de las relaciones causa-efecto de los diferentes factores. Los modelos clasificadores Bayesianos cumplen con ambos requisitos. A su vez, el uso de arquitecturas de sistemas adecuadas es una clave para afrontar

las dificultades tecnológicas de la incorporación de datos a diversas plataformas y aplicaciones. Por último, es necesario construir interfaces que permitan a los investigadores interactuar de forma práctica con miles de factores, al mismo tiempo que lo invitan a dejar de lado sus sesgos cognitivos en la selección de algunos de ellos.

Agradecimientos

Estamos agradecidos por el apoyo financiero a través del proyecto DGAPA-PAPIIT IV100520.

El metaproyecto CHILAM es un resultado de los esfuerzos de más de 80 investigadores y estudiantes. Estamos muy agradecidos a todos los miembros del proyecto por su compromiso y esfuerzos.

Referencias

- [1] C. R. Stephens, "What isn't complexity?", *arXiv*, vol. 1502.03199v1, [nlin.AO], 2015. doi: [10.48550/arXiv.1502.03199](https://doi.org/10.48550/arXiv.1502.03199).
- [2] J. A. Rivera Dommarco, C. A. Aguilar Salinas, y M. Hernández Ávila, eds., *Obesidad en México: recomendaciones para una política de Estado*. Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, Instituto Nacional de Salud Pública, 2015.
- [3] Instituto Nacional de Salud Pública, Secretaría de Salud, *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT)*. [En línea]. Disponible en: <https://ensanut.insp.mx/>
- [4] CONABIO, *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad en México (SNIB)*. [En línea]. Disponible en: <https://www.snib.mx/>
- [5] *WorldClim: Global climate and weather data*. [En línea]. Disponible en: <https://worldclim.org>

- [6] INEGI, *Censo de Población y Vivienda 2020*. [En línea]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- [7] Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). [En línea]. Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/>
- [8] Secretaría de Salud, *Datos Abiertos de la Dirección General de Epidemiología*. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127>
- [9] Plataforma Universitaria de Inteligencia Epidemiológica (*EpIPUMA 1.0*). [En línea]. Disponible en: <https://epipuma10.c3.unam.mx/>
- [10] Plataforma para el análisis epi-ecológico y epidemiológico de SARS-CoV-2. [En línea]. Disponible en: <https://epipuma20.c3.unam.mx/>
- [11] Proyecto 42: Causas del síndrome metabólico y obesidad en México. [En línea]. Disponible en: <https://project42.c3.unam.mx/landing>
- [12] C. Gonzalez, *Atlas de enfermedades infecciosas: Una herramienta de eco-epidemiología espacial*. [En línea]. Disponible en: <https://www.atmosfera.unam.mx/eventos/atlas-de-enfermedades-infecciosas-una-herramienta-de-eco-epidemiologia-espacial/>
- [13] C. R. Stephens et al., *Epi-PUMA: Plataforma Universitaria de Inteligencia Epidemiológica de SARS-CoV-2, Versión 1.0, Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior*, núm. 7, marzo 2023.
- [14] R. Sierra and C. R. Stephens, "Exploratory analysis of the interrelations between co-located boolean spatial features using network graphs", *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 26, no. 3, pp. 441–468, 2012, doi: [10.1080/13658816.2011.594799](https://doi.org/10.1080/13658816.2011.594799).
- [15] *GraphQL: A query language and execution engine*. [En línea]. Disponible en: <https://spec.graphql.org/>

- [16] M. C. Hansen et al., "High-resolution global maps of 21st-century forest cover change", *Science*, vol. 342, pp. 850–853, 2013, doi: [10.1126/science.1244693](https://doi.org/10.1126/science.1244693).
- [17] C. R. Stephens, V. Sánchez-Cordero, y C. González Salazar, "Bayesian inference of ecological interactions from spatial data", *Entropy*, vol. 19, no. 12, p. 547, 2017, doi: [10.3390/e19120547](https://doi.org/10.3390/e19120547).
- [18] A. Chernev, U. Böckenholt, y J. Goodman, "Choice overload: A conceptual review and meta-analysis", *J. Consum. Psychol.*, vol. 25, no. 2, pp. 333–358, 2015.



Desarrollo de un Visor de Archivos DICOM: Transformando la Enseñanza en la Carrera de Tecnologías de la Información

Noé Toledo González

Universidad Tecnológica de Matamoros, Tamaulipas, México.

ORCID: 0000-0003-0034-8376

Maira Selene Ríos Gomez

Universidad Tecnológica de Matamoros, Tamaulipas, México.

ORCID: 0009-0001-0896-4061

Lidia Elena Requena Hernández

Universidad Tecnológica de Matamoros, Tamaulipas, México.

ORCID: 0000-0003-4314-2335

Hugo Alberto Solís Martínez

Universidad Tecnológica de Matamoros, Tamaulipas, México.

ORCID: 0000-0002-8030-966X

Luisa Mariana López Olvera

Instituto Mexicano del Seguro Social, Tamaulipas, México.

ORCID: 0009-0001-9113-9862

Recepción: 26 de septiembre de 2024.

Aceptación: 6 de noviembre de 2024.

Diciembre 2024 • número de revista 11 • <https://doi.org/10.22201/dgtic.26832968e.2024.11.36>

Desarrollo de un Visor de Archivos DICOM: Transformando la Enseñanza en la Carrera de Tecnologías de la Información

Resumen

Dentro del marco de la digitalización y la incorporación de tecnologías avanzadas en las Instituciones de Educación Superior (IES), las ciencias de la computación juegan un papel fundamental en la formación de profesionales en carreras como Tecnologías de la Información. Una de las áreas críticas, en la cual el manejo de datos y la tecnología convergen, es el tratamiento de imágenes médicas, particularmente en el formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), esencial para el diagnóstico y la investigación en el sector salud.

Este artículo presenta el desarrollo de un visor de archivos DICOM, un proyecto diseñado para apoyar a los estudiantes de la carrera de Tecnologías de la Información en el manejo y procesamiento de estos archivos. El visor, cuyo desarrollo contó con el apoyo de la Unidad Médica Diagnóstica 24 horas en Matamoros, Tamaulipas, fue ideado como una herramienta educativa funcional a implementar. Su objetivo es proporcionar a los estudiantes una experiencia práctica en el tratamiento de imágenes médicas, integrando conocimientos tecnológicos con aplicaciones en el ámbito clínico y de investigación.

Palabras Clave: Información científica, Información y desarrollo, Programa de ordenador, Enseñanza superior, Transferencia de tecnología.

Development of a DICOM File Viewer: Transforming the Teaching in the Information Technology Career

Abstract

Within the framework of digitalization and incorporation of advanced technologies in Higher Education Institutions, computer science plays a fundamental role in the training of professionals in fields such as Information Technology. One of the critical areas in which data management and technology converge is in the processing of medical images, particularly in the DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) format, which is essential for diagnosis and research in the healthcare sector.

This article presents the development of a DICOM file viewer, a project designed to support Information Technology students in managing and processing these files. The viewer, whose development had the support of the 24-hour Diagnostic Medical Unit in Matamoros, Tamaulipas, was conceived as a functional educational tool to be implemented. Its objective is to provide students with practical experience in medical image processing, integrating technological knowledge with applications in the clinical and research field.

Keywords: *Scientific information, Information and development, Computer program, Higher education, Technology transfer.*

Introducción

En las últimas décadas, la rápida evolución de las tecnologías digitales ha transformado profundamente el entorno académico y científico en las Instituciones de Educación Superior (IES). En particular, las carreras relacionadas con Tecnologías de la Información han experimentado una creciente demanda de conocimientos técnicos que les permitan a los estudiantes adaptarse a un mundo, donde la digitalización y el procesamiento de datos son esenciales en casi todos los campos, incluyendo la salud. La capacidad de manejar grandes

volúmenes de datos, analizar información compleja y aplicar tecnologías avanzadas es cada vez más relevante para preparar a los futuros profesionales para los retos del siglo XXI [1].

En este contexto, el formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), representa un estándar internacional que define el almacenamiento de imágenes médicas y un protocolo para permitir y facilitar la comunicación de datos entre sistemas [2]. Éste se ha convertido en un estándar multidisciplinario al utilizarse en diversas disciplinas médicas como la radiología, la cardiología y la oncología [3]. Sin embargo, el acceso a este tipo de software como herramienta especializada en el entorno académico es una limitación, ya que los impedimentos financieros y la falta de conocimientos de desarrollo pueden dificultar que los estudiantes cumplan con los requisitos de sus programas académicos [4].

De igual manera, a causa de la creciente complejidad de estos estándares, ha surgido la necesidad de herramientas que puedan manipular y almacenar información DICOM. Estas imágenes generadas requieren del desarrollo de sistemas avanzados para su almacenamiento, procesamiento y visualización [5], lo cual representa un desafío para la formación de estudiantes en disciplinas como Tecnologías de la Información, quienes necesitan familiarizarse con este tipo de datos para poder desarrollar soluciones tecnológicas aplicables al sector de la salud [6].

Este artículo presenta el desarrollo de un visor de archivos DICOM, un proyecto educativo orientado a ofrecer a los estudiantes de la carrera de Tecnologías de la Información una experiencia práctica en la gestión y análisis de imágenes médicas. El objetivo principal del proyecto es proporcionar una herramienta funcional e implementada que permita a los estudiantes trabajar con archivos DICOM en un entorno real, desarrollando así las habilidades necesarias para integrar la tecnología en el sector salud.

El Impacto del aprendizaje basado en problemas se ha visto notablemente fortalecido con el desarrollo de las tecnologías digitales [7], al permitir que los estudiantes interactúen con datos reales y se fomenten tanto el pensamiento crítico como las habilidades de resolución de problemas [8], esenciales para preparar a los futuros profesionales. Para lograr esto, el visor fue desarrollado en colaboración con la Unidad Médica Diagnóstica 24 horas en Matamoros, Tamaulipas, donde se realizaron pruebas para garantizar su funcionalidad y aplicabilidad en un entorno clínico.

El desarrollo del visor DICOM también pone de manifiesto la importancia de la colaboración entre las instituciones educativas y el sector salud. A medida que las IES continúan adoptando tecnologías avanzadas, proyectos como éste son fundamentales para garantizar que los estudiantes adquieran las competencias necesarias para sobresalir en un mundo donde la intersección entre la tecnología y la salud es cada vez más relevante [9].

Desarrollo

El visor de archivos DICOM ha sido desarrollado con un propósito exclusivamente educativo, orientado a facilitar el aprendizaje de estudiantes en el manejo y comprensión de la estructura de archivos DICOM. Esta herramienta permite explorar las funcionalidades básicas de un visor de imágenes médicas sin pretender ser un recurso para diagnósticos clínicos o análisis médico profesional. Con este objetivo, el *software* no sustituye ni compete con aplicaciones certificadas en el ámbito de la salud; su uso está limitado al contexto académico y formativo, asegurando que su enfoque se mantenga en el desarrollo de habilidades prácticas para los estudiantes.

El proyecto se dividió en varias etapas que incluyen el análisis de requerimientos, diseño de la arquitectura del sistema, desarrollo de las funcionalidades principales, desarrollo de un modelo matemático para la evaluación del rendimiento, pruebas en entornos clínicos, comparación con otros visores DICOM y evaluación de resultados.

1. Análisis de Requerimientos.

El primer paso en el desarrollo del visor de archivos DICOM fue el análisis de las necesidades tanto educativas como clínicas. Se identificaron dos principales grupos de usuarios: estudiantes de Tecnologías de la Información y profesionales de la salud. Se establecieron los siguientes requerimientos:

- Visualización de imágenes médicas en formato DICOM.

- Herramientas de manipulación básica de imágenes (*zoom*, ajuste de brillo/contraste).
- Interfaz gráfica de usuario (GUI, por sus siglas en inglés) intuitiva y de fácil navegación

2. Diseño de la Arquitectura del Sistema.

El diseño de la arquitectura del sistema se enfocó en asegurar un rendimiento óptimo en el manejo de archivos DICOM, manteniendo tanto una alta capacidad de respuesta como escalabilidad. El visor de archivos DICOM está estructurado en tres capas principales:

- Capa de Presentación, que ofrece una interfaz gráfica intuitiva para facilitar la navegación y manipulación de imágenes médicas.
- Capa Lógica de Aplicación, encargada de gestionar el procesamiento de los archivos DICOM.
- Capa de Persistencia, que garantiza el almacenamiento seguro de las imágenes en servidores locales o remotos, asegurando la integridad de los datos.

3. Desarrollo de Funcionalidades Principales

El visor de archivos DICOM fue desarrollado para funcionar en el sistema operativo Windows debido a varios factores que hacen de esta plataforma una elección óptima para el proyecto. En primer lugar, Windows es ampliamente utilizado en entornos educativos y en laboratorios de informática, lo que facilita su integración y accesibilidad para estudiantes y profesores. Además, el lenguaje C#, elegido para el desarrollo del visor, tiene un rendimiento optimizado y una compatibilidad nativa con Windows en sus versiones 8.1, 10 y 11, lo que permite aprovechar al máximo sus bibliotecas avanzadas para el procesamiento de imágenes médicas y facilita la creación de interfaces gráficas eficientes [10].

3.1 Carga y Visualización de Archivos DICOM

El visor de archivos DICOM utiliza la biblioteca fo-dicom, una herramienta en C# para el manejo de archivos DICOM [11]. Esta biblioteca permite la lectura y carga eficiente de imágenes DICOM, lo que facilita la extracción de imágenes y sus metadatos correspondientes. La visualización se realiza mediante un visor incorporado, que permite a los usuarios observar las imágenes en alta resolución.

3.2 Manipulación de Imágenes

El visor de archivos DICOM también permite realizar diversas operaciones sobre las imágenes cargadas. Las funcionalidades clave incluyen:

- Zoom: Permite ampliar o reducir las imágenes para un análisis más detallado.
- Metadatos: Los usuarios pueden visualizar la información general
- Brillo y Contraste: El sistema permite ajustar el brillo y el contraste para mejorar la visibilidad de las características relevantes en la imagen médica.

Del mismo modo, el visor de archivos DICOM integra un procedimiento para almacenar imágenes en formato PNG, lo que permite a los usuarios guardar estudios para su análisis futuro de manera sencilla. Este proceso se ha implementado teniendo en cuenta aspectos de seguridad y privacidad, de modo que las imágenes almacenadas se mantengan protegidas y accesibles únicamente para los usuarios autorizados desde el acceso principal de Windows. Esto asegura que los datos sensibles estén resguardados conforme a las mejores prácticas, promoviendo un entorno seguro para el estudio y la revisión de los archivos DICOM en un contexto educativo.

4. Desarrollo de un modelo matemático para la evaluación del rendimiento.

El modelo matemático permite evaluar el rendimiento del visor de archivos DICOM en función del tiempo de carga de imágenes, tiempo de procesamiento de operaciones, tasa de

transferencia de datos y eficiencia general del sistema. Estos modelos son fundamentales para identificar las capacidades y limitaciones del sistema en un entorno académico y clínico.

$$TC = \frac{S_{img}}{C_{Proc}} + \epsilon$$

Donde

- T_c representa el tiempo de carga de la imagen (en segundos).
- S_{img} es el tamaño de la imagen DICOM (en megabytes).
- C_{Proc} es la capacidad de procesamiento del sistema (en megabytes por segundo).
- ϵ es una constante que representa la latencia del sistema debida a factores externos (en segundos).
- Este modelo permite calcular de manera precisa el tiempo requerido para cargar imágenes de diferentes tamaños, evaluando el impacto de la capacidad de procesamiento del sistema en entornos con imágenes médicas complejas.

El modelo matemático se implementó en un algoritmo, el cual fue codificado en el entorno de programación del visor de archivos DICOM, donde, utilizando la clase Stopwatch en C#, se logró determinar el tiempo transcurrido de ejecución de una manera precisa. (ver Figura 1).

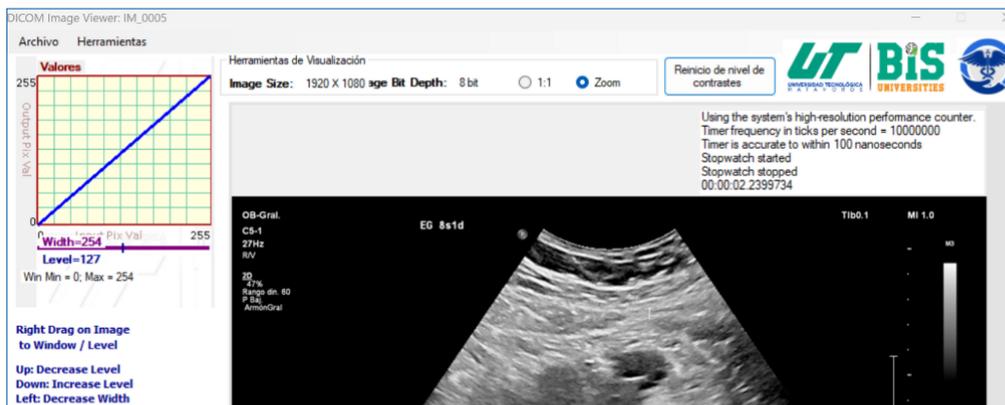


Figura 1. Implementación del modelo matemático a través de un algoritmo para análisis de tiempo en carga de archivos DICOM en el visor, con una imagen de 1920 x 1080 de 8bit y una tamaño de 1.97 MB

Los resultados fueron altamente positivos, donde se analizaron 200 imágenes de diferentes estudios: Rayos X, Ultrasonidos y Resonancias magnéticas con resoluciones de (512 x 512) (1920 x 1080) de 8 y 16 bits, con tamaños variados por la cantidad de información, demostrando que el sistema es capaz de manejar eficientemente los archivos DICOM sin pérdida de calidad ni retrasos significativos en la carga de las imágenes (ver Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de las pruebas de rendimiento.

Prueba	Resultado
Tiempo de Carga de un Archivo DICOM (Ultrasonido de 512x512)	2.3 segundos en promedio
Tiempo de Carga de un Archivo DICOM (Rayos x de 1920 x1080)	2.6 segundos en promedio

5. Evaluación del Visor de archivos DICOM en Entornos Clínico y Académico

Una vez desarrollado el sistema, se llevaron a cabo pruebas exhaustivas en la Unidad Médica Diagnóstica 24 horas de Matamoros, Tamaulipas, utilizando estudios de imágenes médicas como rayos X, tomografías y resonancias magnéticas. Estas pruebas tuvieron como objetivo evaluar tanto el rendimiento técnico como la usabilidad del visor en un entorno clínico real.

En el contexto académico, la implementación del visor de archivos DICOM ha tenido un impacto significativo en la formación de los estudiantes de la carrera de Tecnologías de la Información. Este visor se incorporó dentro de un enfoque pedagógico centrado en el aprendizaje práctico y basado en la resolución de problemas, permitiendo a los estudiantes aplicar sus conocimientos tecnológicos en la manipulación de formatos complejos, como DICOM.

Los resultados mostraron una mejora sustancial en la comprensión y manejo del formato DICOM, fortaleciendo habilidades clave como la resolución de problemas, el

pensamiento analítico y la colaboración interdisciplinaria. Además, al exponer a los estudiantes a datos clínicos reales, el visor de archivos DICOM facilitó un aprendizaje más profundo, conectando de manera tangible la teoría con su aplicación en el mundo real. Este proyecto ha sido fundamental en la transformación educativa de la institución, alineándose con los nuevos modelos pedagógicos de las universidades tecnológicas y politécnicas, que promueven la integración de tecnologías avanzadas en los programas educativos de nivel técnico superior universitario y licenciatura.

Esta propuesta sirve como un ejemplo tangible de cómo las tecnologías aplicadas en el sector salud pueden integrarse de manera efectiva en la educación superior, impulsando una transformación institucional que sitúa a los estudiantes en el centro de un proceso educativo innovador y basado en la realidad profesional. (ver Figura 2).

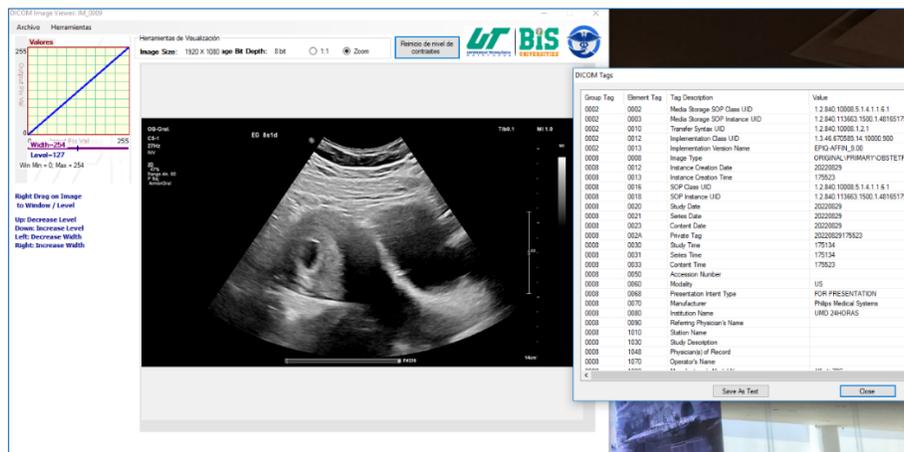


Figura 2. Entorno de trabajo del Visor de archivos DICOM utilizando una radiografía con formato DICOM, visualizando sus respectivos metadatos.

6. Comparación con otros visores DICOM

Finalmente, se comparó el visor desarrollado con otras herramientas disponibles en el mercado. El visor de archivos DICOM destaca en el contexto educativo frente a otros visores comerciales como Centricity DICOM, AGFA y Weasis, al estar diseñado específicamente para

el aprendizaje y práctica de estudiantes en el manejo de imágenes DICOM. Su propósito educativo se refleja en una interfaz sencilla e intuitiva, facilitando su uso sin distracciones. A diferencia de otros visores que requieren licencias, el visor DICOM ofrece una solución accesible y sin costo, ideal para instituciones educativas. Con un tiempo de carga optimizado de 2.3 segundos y un código personalizable, el visor brinda a los estudiantes una herramienta versátil que les permite profundizar en la estructura y el procesamiento de imágenes médicas en un entorno académico.

Conclusión

El desarrollo del visor de archivos DICOM ha demostrado ser un paso significativo en la intersección entre la educación y la tecnología, particularmente en la carrera de Tecnologías de la Información. El visor de archivos DICOM ofrece una variedad de funcionalidades esenciales, como la visualización y manipulación de imágenes médicas. Estas características enriquecen el proceso de aprendizaje, permitiendo a los estudiantes interactuar con datos reales y relevantes. Las pruebas de usabilidad y rendimiento realizadas durante el proyecto han mostrado resultados positivos.

Asimismo, este proyecto resalta la necesidad de fortalecer la colaboración entre las IES y el sector salud. Al trabajar juntos, estas entidades pueden desarrollar soluciones innovadoras que respondan a las demandas del entorno médico actual. Esta colaboración no solo enriquece la experiencia educativa, sino que también promueve una cultura de innovación que puede beneficiar a la comunidad en general. A medida que la tecnología continúa avanzando, es vital que los programas educativos se adapten y evolucionen para incorporar estas innovaciones.

De cara al futuro, hay un amplio margen para la expansión y mejora de este proyecto. Investigaciones adicionales podrían explorar la integración de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, para el análisis automatizado de imágenes y el desarrollo de algoritmos que faciliten la identificación de patrones y diagnósticos. Asimismo, se podría considerar la expansión de la herramienta a otros campos de la salud y la inclusión de módulos educativos que aborden temas relacionados con la ética y la privacidad en el

manejo de datos médicos. El visor de archivos DICOM no sólo representa un avance en la enseñanza de Tecnologías de la Información, sino que también tiene el potencial de transformar la forma en que se interactúa con las imágenes médicas en un contexto clínico. Al continuar desarrollando y mejorando estas herramientas, podemos asegurar que los futuros profesionales estén bien equipados para contribuir de manera efectiva y responsable al campo de la salud.

Referencias

- [1] M. Pérez, *BIG DATA-Técnicas, herramientas y aplicaciones*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor, 2015.
- [2] M. Larobina, «Thirty years of the DICOM standard.,» in *Tomography*, vol. 9, n° 5, 2023, pp. 1829-1838.
- [3] F.J. Alañón Fernández, M. Alañón Fernández, F. Alañón Cárdenas, B. Marín González, and V. Cueva López, «Mejora de la planificación de las cirugías lagrimales a partir de imágenes tridimensionales con el visualizador DICOM Horos®,» in *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, vol. 96, n° 10, pp. 509-514., 2021.
- [4] S. Khritish, *Enhancing Educational Accessibility: A Case Study on Overcoming Software Access Barriers in Database Management Systems Courses*. US: U.S. Department of Education, 2024.
- [5] H. Medellín Castillo, and M. Ochoa Alfaro, «Desarrollo de un sistema de visualización y reconstrucción 3D de modelos anatómicos a partir de imágenes médicas,» *MEMORIAS DEL XVII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM*, p. 173, 2011.
- [6] A. Martínez, *Bases metodológicas para evaluar la viabilidad y el impacto de proyectos de telemedicina*. Madrid: American Health Org, 2001.
- [7] M.I. Quiroz Moreira, «Impacto del Aprendizaje Basado en Proyectos con Tecnología Digitales en el Desarrollo de Habilidades de Pensamiento Crítico en Estudiantes de

Educación Básica.,» in *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 8, nº 5, pp. 476-498, 2024.

- [8] D. Besa, «Active learning and effective teaching strategies,» *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, vol. 7, nº 4, pp. 136-142, 2023.
- [9] M. E. Morais de Araujo Pinheiro, Artist, *Estudio sobre la importancia comparativa de la marca como un diferencial competitivo en Institución de Educación Superior Privada en la selección de Administración del curso en Brasilia, la capital federal de Brasil*. [Art]. Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales, 2014.
- [10] J. Hugon, *C# 7: desarrolle aplicaciones Windows con Visual Studio 2017*. Barcelona: Ediciones Eni, 2018.
- [11] M. Mantri, S. Taran, and G. Sunder, «DICOM integration libraries for medical image interoperability: a technical review,» in *IEEE Reviews in Biomedical Engineering* 15, vol. 15, pp. 247-259, 2020.



El Impacto de la Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Representaciones Sociales y Transformación Institucional

Christian Daniel Rentería García

Universidad de Colima, Colima, México

ORCID: 0000-0003-3778-7671

Recepción: 22 de octubre de 2024.

Aceptación: 19 de noviembre de 2024.

Diciembre 2024 • número de revista 11 • <https://doi.org/10.22201/dgtic.26832968e.2024.11.47>

El Impacto de la Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Representaciones Sociales y Transformación Institucional

Resumen

El artículo analiza las representaciones sociales de los docentes de educación superior sobre el uso de la inteligencia artificial (IA) en sus prácticas pedagógicas. Se realizó un estudio en dos fases: primero, un curso-taller con 50 docentes para evaluar su nivel de conocimiento sobre IA, mostrando que el 71% ya la había utilizado, pero sólo el 50% la aplicaba en la enseñanza. La segunda fase consistió en entrevistas semi estructuradas, organizadas en torno a cuatro ejes: condiciones de producción, campo de información, campo de representación y campo de actitud. Los resultados revelaron que los docentes valoran el potencial de la IA para optimizar la enseñanza y personalizar el aprendizaje, pero expresan preocupaciones sobre la pérdida de habilidades críticas y el impacto en la relación docente-alumno. También destacan la importancia de un uso ético y responsable de la IA, garantizando un acceso equitativo y concluyen que, para una integración efectiva de esta tecnología en la educación, no basta con el conocimiento técnico; es necesaria una formación pedagógica adecuada que aborde tanto los aspectos técnicos como éticos, estructurada en programas que preparen a los docentes para utilizar la IA de manera efectiva y responsable en sus prácticas educativas.

Palabras Clave: Inteligencia Artificial (IA), Educación Superior, Representaciones Sociales, Prácticas Educativas, Actitudes Docentes

Impact of Artificial Intelligence in Higher Education: Social Representations and Institutional Transformation

Abstract

This article analyzes the social representations of higher education teachers on the use of artificial intelligence (AI) in their teaching practices. A two-phase study was conducted: first, a course-workshop with 50 teachers to assess their level of knowledge about AI, showing that 71% had already used it, but only 50% applied it in teaching. The second phase consisted of semi-structured interviews, organized around four fields: production conditions, information field, representation field and attitude field. The results revealed that teachers value the potential of AI to optimize teaching and personalize learning, but express concerns about the loss of critical skills and the impact on the teacher-student relationship. They also highlight the importance of an ethical and responsible use of AI, ensuring equitable access and conclude that, for an effective integration of this technology in education, technical knowledge is not enough; adequate pedagogical training that addresses both technical and ethical aspects is necessary, structured in programs that prepare teachers to use AI effectively and responsibly in their educational practices.

Keywords: *Artificial Intelligence (AI), Higher Education, Social Representations, Educational Practices, Teacher Attitudes*

1. Introducción

En los últimos años, la inteligencia artificial se ha consolidado como una tecnología ineludible para el sector educativo. Las diversas plataformas de inteligencia artificial generativa, la cual se define como una serie de algoritmos capaces de generar contenido nuevo que puede ser texto, código, imágenes, vídeos o audio [1], se han convertido en un recurso indispensable tanto para estudiantes como para docentes, facilitando la realización de actividades que anteriormente demandaban mucho más tiempo. Sin embargo, los beneficios y desafíos asociados con su uso dependen directamente del manejo adecuado o inadecuado de estas

herramientas. Algunos docentes de educación superior son conscientes de que sus estudiantes ya utilizan plataformas de IA generativa, como ChatGPT, Gemini o Bard, entre otras. No obstante, los obstáculos que enfrentan varían según el uso que cada estudiante hace de ellas. De esta forma, mientras algunos profesores han visto cómo la IA ha transformado positivamente el proceso de enseñanza y aprendizaje, otros, con poca o nula experiencia, perciben que la IA ha venido a complicar su labor. Es en este contexto donde las representaciones sociales juegan un papel fundamental, proporcionando los elementos necesarios para identificar cómo los docentes perciben la IA. Estas representaciones permiten explorar qué significa realmente la inteligencia artificial para los profesores de educación superior, entender lo que representa tanto su propio uso como el de los estudiantes y analizar tanto las actitudes como las emociones que los docentes desarrollan al enfrentarse a esta tecnología emergente y disruptiva; Una tecnología disruptiva, para Loza y Dabirian [2], es aquella innovación que, al principio, puede parecer poco atractiva o irrelevante, pero con el tiempo transforma por completo un sector o una estructura existente. Bajo esta definición, la inteligencia artificial se ha apropiado del término de manera significativa. Aunque el concepto de inteligencia artificial puede parecer reciente, su historia se remonta a tiempos antiguos. En la Grecia clásica, Aristóteles, considerado el padre de la lógica, intentó formalizar el pensamiento mediante esquemas de razonamiento correctos conocidos como silogismos. Desde esta perspectiva, nace el origen de la inteligencia artificial, la cual busca construir sistemas inteligentes mediante programas informáticos que realizan inferencias correctas utilizando reglas de razonamiento [3].

1. 1. Antecedentes

La inteligencia artificial ha estado presente en nuestra civilización desde hace tiempo. Es importante tener en cuenta que la revolución educativa está lejos de concluir y que la próxima frontera en la transformación educativa parece estar definida por la integración de la IA, herramienta que tiene como objetivo llevar la personalización y la eficiencia del aprendizaje a niveles más elevados. Al explorar cómo la IA se ha entrelazado con la enseñanza y el aprendizaje, se puede obtener una mejor comprensión sobre el futuro de la educación y las innumerables oportunidades que saldrán como resultado. La IA ha sido estudiada en el ámbito de las humanidades y las ciencias sociales, enfocándose

principalmente en sus aplicaciones. Por ejemplo, García y Menta [4] analizan el papel de la IA como auxiliar en investigaciones humanísticas, específicamente en áreas como la lingüística y la semántica. Entre sus conclusiones, hablan de la importancia que tiene como herramienta de asistencia para el análisis de datos. En la ciencia como el derecho, Zabala y Zuluaga [5] indagan sobre los retos jurídicos (y/o éticos) que conllevan el uso y la aplicación de la inteligencia y que buscan explicar el panorama legal de la IA respecto de los actos jurídicos propios de los asuntos civiles, laborales, comerciales y administrativos.

Ahora bien, en el contexto educativo, la directora general de la UNESCO, Audrey Azoulay, ha proclamado que la IA transformará profundamente la educación, señalando cambios revolucionarios en métodos de enseñanza, formas de aprendizaje y capacitación docente [6]. Autores como Moreno, Holmes, et. al [7], [8] abogan por no ver a la IA como un enemigo, sino como un campo de estudio y una herramienta para nuevas estrategias educativas. Finalmente, aterrizando en los antecedentes sobre las Representaciones Sociales y la IA en la práctica Docente [9], se condujo un estudio centrado en las representaciones femeninas de la inteligencia artificial. Sus hallazgos resaltan que la mayoría de las IA serviciales, independientemente de su estructura, como Siri, Alexa, las voces por defecto en los GPS, los servicios de respuesta automáticos y la mayoría de los asistentes virtuales, presentan voces femeninas. Este fenómeno refleja una tendencia arraigada en la estructura social que percibe a la mujer como un género asociado a roles serviciales, sin cuestionamiento de órdenes. Las representaciones sociales de los docentes frente a la tecnología reflejan una preocupación constante, ya que perciben a la tecnología como una herramienta "desconectada de la enseñanza", [9, p.529]

Pero, ¿por qué surgió todo este *boom* exponencial en todos los ámbitos sociales? ¿qué fue lo que provocó todo este interés poblacional?; no fue sino hasta junio de 2020, cuando OpenAI desarrolló el modelo *Generative Pre-trained Transformer 3* (GPT-3), una herramienta que nos permite experimentar una verdadera revolución en las estructuras educativas y tecnológicas con las que trabajamos actualmente, utilizando programas como chatGPT, Copilot y otras inteligencias artificiales generativas que aplican este modelo para la creación de sus contenidos.

Ahora, para pasar de lleno a la investigación, cabe mencionar que el presente estudio se desarrolló en dos etapas para abordar las representaciones sociales. La primera consistió

en la implementación de un curso introductorio cuyo objetivo fue evaluar el nivel de conocimiento y experiencia que los docentes tenían en el uso de herramientas de inteligencia artificial. Este curso se ofreció en dos ocasiones, con una participación máxima de 25 docentes por taller. Al finalizar los talleres, se identificaron aspectos clave que sirvieron como base para la planificación y desarrollo de la segunda etapa del estudio: la aplicación de entrevistas semiestructuradas. Esta técnica fue seleccionada debido a las recomendaciones de Jodelet y Moscovici [11], [12], autores de referencia en este campo. Dichas entrevistas se aplicaron al cuerpo docente de la Facultad de Trabajo Social de la Universidad de Colima, explorando tres áreas clave en los estudios sobre representaciones sociales: el campo de la representación, el campo de la actitud y el campo de la imagen; con esto se analizó el cómo los docentes están utilizando la inteligencia artificial y qué obstáculos han enfrentado en su implementación dentro del contexto educativo.

2. Metodología

El objetivo principal de esta investigación es analizar las representaciones sociales de los docentes de educación superior de la Facultad de Trabajo Social de la Universidad de Colima frente al uso de la Inteligencia Artificial en su práctica docente. A partir de este objetivo, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿cuáles son las representaciones sociales de los docentes de educación superior de la Facultad de Trabajo Social respecto al uso de la Inteligencia Artificial en su práctica docente? Para responder esta interrogante, se desarrolló una investigación con un enfoque cualitativo, fundamentada en estudios previos sobre recomendaciones metodológicas en investigaciones de representaciones sociales [13], [14]. Siguiendo estas recomendaciones, se optó por seguir un enfoque procesual, debido a que se considera al ser humano como un productor de sentidos y, por ello, se enfoca en el análisis de las producciones simbólicas del lenguaje interpretado. Este enfoque es recomendado acompañado del uso de métodos cualitativos y la triangulación de múltiples técnicas que serán abordadas en el apartado metodológico. La investigación se estructuró en dos etapas: la primera fue una fase exploratoria, diseñada para evaluar el nivel de comprensión, manejo e interés de los docentes en el aprendizaje de esta tecnología emergente. Posteriormente, en la segunda etapa, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas que permitieron identificar los elementos más significativos de las representaciones de los docentes de la

Facultad de Trabajo Social de la Universidad de Colima sobre la Inteligencia Artificial para su posterior análisis y presentación de resultados. Ambas etapas son explicadas a detalle en los siguientes apartados.

2.1. Fase exploratoria de la investigación

El primer momento de la investigación consistió en la realización de un curso-taller, respaldado por la Dirección General de Desarrollo del Personal Académico de la Universidad de Colima (DIGEDPA). Este curso tenía un carácter exploratorio y buscaba establecer un primer contacto con los docentes para comprender sus percepciones sobre la Inteligencia Artificial (IA) en el ámbito educativo. Se planteó como una introducción motivadora, abierta a todos los docentes interesados, incluidos aquellos sin experiencia previa en el uso de la IA. Con una capacidad máxima de 25 participantes por taller, se ofrecieron dos sesiones.

Al concluir los talleres, se realizó un análisis de las fortalezas y debilidades observadas, lo que permitió identificar patrones en las opiniones y percepciones de los docentes. Los resultados mostraron que el 71% de los docentes ya había utilizado IA en su vida cotidiana, aunque solo el 50% la había incorporado en su práctica docente, siendo ChatGPT la herramienta más utilizada. Un hallazgo importante fue que el 42% de los docentes nunca había notado que sus estudiantes aplicaban IA para realizar actividades académicas. Al finalizar el curso, el 92% de los participantes expresó interés en recibir más formación sobre la integración de la IA en sus actividades dentro del aula.

2.2 Segunda fase, desarrollo del instrumento y aplicación de entrevistas semiestructuradas y análisis

Esta fase fue comprendida con el desarrollo e implementación de las entrevistas semiestructuradas, aplicando una estructura cualitativa y utilizando como sustento a otros autores como Cuevas [13] y Contreras [15]. Dicho instrumento fue aplicado al cuerpo docente de la Facultad de Trabajo Social de la Universidad de Colima, conformado por licenciados y técnicos en Trabajo Social, así como por profesionales de áreas como Derecho, Economía, Psicología, Medicina, Psiquiatría, Sociología, Comunicación, Ingeniería civil,

Lenguas Extranjeras, Tecnologías de la Información, Pedagogía y Administración. Esta diversidad de conocimientos y experiencias constituye un valioso recurso que enriquece los resultados del estudio, aportando una perspectiva amplia y variada, dando un total de 11 docentes entrevistados.

Para el desarrollo de las entrevistas en esta investigación, primero se construyeron los ejes de análisis con el fin de establecer un acercamiento al objeto de estudio. Éstos, según Cuevas [13], son “los constructos de orden teórico metodológico que son un soporte para indagar acerca del objeto de estudio y un vínculo entre el marco de referencia y la evidencia empírica”. El diseño de nuestra entrevista semiestructurada se organiza a partir de cuatro ejes de análisis (Anexo A y B), las condiciones de producción de las representaciones sociales, el campo de información, campo de representación y campo de actitud [12]. Una vez realizadas las entrevistas semiestructuradas, se procedió a la organización y el procesamiento de la información obtenida con el fin de darle un sentido, sistematizándola para poder describir y analizar los resultados. Para concluir este proceso, primero se dio paso a transcribir de manera literal las entrevistas; este proceso implicó la conversión de las grabaciones de audio en texto escrito utilizando la plataforma de Pinpoint, asegurando así la captura de todas las palabras, las pausas y las entonaciones significativas. Como segunda etapa del procesamiento de la información, una vez transcritas las entrevistas, se realizó una lectura minuciosa de todas las transcripciones, comparando la entrevista con una conversación naturalista, centrándose en el uso de quejas indirectas y comentarios del entrevistador [16]. Esta fase de familiarización permitió adentrarnos un poco más en los datos, identificando los temas recurrentes y los aspectos destacados que surgieron en las conversaciones. Posteriormente, una vez revisadas las transcripciones, se inició el proceso de codificación inicial. Este proceso se inició seleccionando entrevistas transcritas al azar, lo que permitió realizar una codificación basada en la información contenida en cada una. A continuación, cuando se identificaron códigos similares o con aspectos en común, estos códigos fueron aplicados a las transcripciones restantes, como lo recomiendan autores como Campbell *et.al* [17]; con todo esto se pudieron generar las siguientes categorías: 1) La Dimensión Informativa Docente: Percepciones y Conocimientos sobre la Inteligencia Artificial en la Práctica Educativa. 2) Actitudes de los Docentes hacia la Implementación de la Inteligencia Artificial en la Educación. 3) Imágenes e ideas de la Inteligencia Artificial en la Práctica Educativa.

3. Resultados

3.1. La Dimensión Informativa Docente: Percepciones y Conocimientos sobre la Inteligencia Artificial en la Práctica Educativa.

Esta categoría, perteneciente al campo de la información, refleja una evolución significativa en el conocimiento sobre la IA entre los docentes. Inicialmente, muchos de ellos comenzaron con un entendimiento limitado del tema, pero, con el tiempo, experimentaron un crecimiento notable en la cantidad de información y comprensión sobre esta tecnología. Este desarrollo refleja no sólo la capacidad de adaptación que tienen los docentes, sino también su compromiso con el aprendizaje continuo frente a las nuevas tecnologías. Como hito que marca el cambio en este sentido, podemos recordar que entre el 2020 y el 2023, resultado de la pandemia por COVID-19, la adaptación del sector educativo ante tecnologías emergentes (como fue el *e-learning* o la educación asincrónica) sufrió cambios, que para algunos docentes eran casi radicales. De manera similar, la incorporación de esta nueva tecnología (IA), ha tenido su pico de crecimiento y de conocimiento, la información que obtienen los docentes y los conocimientos de esta herramienta es a través de diversas plataformas, incluyendo redes sociales, programas de televisión, conferencias académicas y el intercambio de experiencias entre los mismos compañeros de trabajo.

Por otro lado, el apartado de las aplicaciones prácticas de la IA en la educación resulta un hallazgo interesante entre los maestros. Se identificaron en sus discursos varios usos concretos y beneficiosos de esta tecnología. Entre las aplicaciones más comunes mencionadas es la capacidad de la IA para generar contenido educativo de manera rápida y eficiente; esto incluye la creación de materiales didácticos, portadas de libros, rúbricas de evaluación, casos de estudio, la búsqueda de manuales y artículos específicos para apoyar a los estudiantes en sus proyectos de tesis, así como diversas posibilidades como la de tener disponible un asistente para mejorar la redacción de sus textos formales o como herramienta que brinda un abanico de caminos para comenzar sus proyectos de intervención, entre otros que fueron mencionados. Sobre las preocupaciones éticas y sociales, resultan significativos los discursos del profesorado dado que, en estos, se reflejan tanto el entusiasmo y la curiosidad como la cautela de los docentes al trabajar con esta tecnología. Una de las inquietudes más recurrentes es el impacto potencial de la IA en la capacidad crítica y la originalidad de los estudiantes. Por esto, se interpreta que los docentes

temen que una dependencia excesiva en las herramientas de la IA pueda detener o entorpecer las habilidades analíticas y la creatividad de los alumnos. Esta preocupación se origina en la idea de que los estudiantes recurren constantemente a la IA para resolver problemas y generar ideas, lo que provoca que su aprendizaje se vuelva más pasivo al confiar en las soluciones automatizadas y la redacción de evidencias de trabajo en lugar de desarrollar su propio pensamiento crítico y su originalidad.

3.2. Actitudes de los Docentes hacia la Implementación de la Inteligencia Artificial en la Educación.

Comenzaremos este apartado mencionando los beneficios que los docentes identifican al aplicar la IA en el campo educativo, particularmente aspectos de eficiencia, ahorro de tiempo y acceso a la información inmediata. Los riesgos y desafíos asociados con la integración de la IA en la educación son múltiples y complejos, reflejando algunas de las preocupaciones expresadas por los docentes. Éstas abarcan desde la dependencia tecnológica hasta la reestructuración del rol docente-alumno, la cual, dentro de la enseñanza, la retoma el autor Qingyun, Bu al mencionar que: “El trabajo de los profesores dejará de centrarse en la enseñanza de conocimientos para centrarse en la educación del carácter moral y de los valores, que es más compleja y de orden superior” [18, p. 564]. Otro aspecto significativo en el campo de actitud fue el impacto emocional y profesional de la IA en la educación. Este tema genera diversas reacciones entre los docentes, que van desde reflejar un apoyo entusiasta ante la herramienta, hasta la preocupación y el estrés asociados con su uso. Algunos docentes consideran la IA como un recurso que puede proporcionar un respaldo significativo y aliviar la carga de trabajo.

“El chat GPT se ha vuelto una herramienta diaria en mi vida, hasta para darles observaciones a los estudiantes me sirve como referente porque debo de darles observaciones” (Maestro entrevistado, comunicación personal, 20 de mayo, 2024).

La optimización del tiempo en el desarrollo de tareas administrativas provoca un impacto positivo en la adaptación de estas herramientas por algunos docentes, sin embargo, existe un sentimiento compartido de una visión no tan positiva en el uso de estas herramientas: la falta de un instrumento que pueda ayudar al docente a detectar el uso de

una IA generativa. Este problema provoca sentimientos de agobio y estrés, debido a que los docentes deben leer y releer los trabajos de los alumnos si detectan alguna anomalía en la forma de redacción o algo significativo. También hacen mención a que el ritmo acelerado de las tecnologías emergentes exige que los docentes se mantengan actualizados continuamente, lo cual genera un desafío que puede resultar agotador y desalentador. La incertidumbre y la precaución también son sentimientos entre algunos docentes respecto al uso de la IA, principalmente preocupados por las implicaciones éticas y el posible impacto negativo en el desarrollo de habilidades críticas y analíticas de sus alumnos. Los docentes expresan sus preocupaciones en temas de privacidad de los datos, el sesgo algorítmico y la transparencia en la toma de decisiones que la IA realiza de manera natural.

El tema del desplazamiento laboral en el contexto de la IA en la educación es una preocupación significativa para un grupo de docentes. Algunos de ellos expresan inquietud por el potencial de la IA para reemplazar el trabajo humano, lo que podría traer consecuencias negativas en ciertos campos profesionales. Este grupo teme que, a medida que la IA se vuelva más sofisticada y capaz, el papel del maestro dentro del aula podría ser menos necesario, poniendo en riesgo sus empleos y su relevancia profesional. El grado de adaptación y apertura al cambio en el contexto de la integración de la IA en la educación varía entre los docentes. Por un lado, el 70% de los docentes demuestran una notable resiliencia y adaptabilidad, reconociendo la necesidad de la labor docente para ajustarse y adoptar nuevas estrategias pedagógicas al aula de manera efectiva. En contraste, el otro 30%, manifiesta una clara resistencia ante el cambio, pues siente que la rápida adopción de la IA puede llevar a una erosión de habilidades críticas, como es el pensamiento analítico, la creatividad y la capacidad de resolución de problemas.

3.3. Imágenes e ideas de la Inteligencia Artificial en la Práctica Educativa

Entrando en el último de los campos, podemos ver una gran variedad de opiniones entre los docentes. La mayoría de éstos coincide en que la IA representa un avance tecnológico significativo que facilita diversas tareas no solamente en el área educativa, sino también en la vida cotidiana. Para los docentes, la tecnología siempre ha venido actuando como un facilitador fundamental en múltiples aspectos de la vida y la educación reconociendo que

ahora la IA tiene el potencial de transformar la forma en que se realizan las tareas, desde lo cotidiano hasta lo laboral. Varios asocian la IA principalmente con algoritmos y computadoras, enfocándose más en su funcionamiento técnico; como resultado, la tecnología y las herramientas de IA en la educación son vistas tanto como herramientas prácticas que hacen más eficaz el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como sistemas técnicos basados en algoritmos que resuelven problemas de manera automatizada. Con respecto a la incorporación dentro de la educación, podríamos decir que los docentes estaban de acuerdo sobre la necesidad de una integración gradual y progresiva de la IA, pues mencionaron también que esta integración no sólo implicaría la adopción de nuevas herramientas, sino también un cambio en la mentalidad y las prácticas pedagógicas. El docente también reconoce que será inevitable el cambio en el proceso de la práctica de la enseñanza debido a la IA, argumenta que los maestros deben estar preparados en todo momento para adaptarse a los nuevos desafíos y oportunidades que la tecnología trae consigo. Por esto, la percepción de la IA entre los maestros es predominantemente positiva, con un enfoque en su capacidad para eficientar el conocimiento y la enseñanza, proporcionando comodidad en la práctica educativa.

4. Conclusión

Los docentes participantes en esta investigación revelan tanto oportunidades como desafíos en la implementación de la IA. Se observó un crecimiento progresivo en el conocimiento de la IA por parte de los docentes, quienes adquirieron información a través de diversas fuentes, aunque se enfrentaron a la falta de una formación estructurada y profunda sobre su uso pedagógico. Se muestra una actitud ambivalente hacia la IA: por un lado, se valora su potencial para optimizar la enseñanza, reducir cargas administrativas y personalizar el aprendizaje; por otro, emergen preocupaciones sobre la dependencia excesiva de los estudiantes, la pérdida de habilidades críticas y creativas, así como el impacto en la relación docente-alumno y la integridad académica. Además, los docentes destacaron la importancia de promover un uso ético y responsable de la IA, evitando abusos como el plagio y garantizando un acceso equitativo a la tecnología. Los docentes relacionan a la IA principalmente con tecnologías como las computadoras y los algoritmos, pero también extienden esta asociación a dispositivos de uso común en la vida cotidiana como Alexa,

Google Home y Siri. Esta idea reflejó una imagen de la IA como una herramienta técnica que automatiza la resolución de problemas; también indicaron que, para una integración efectiva de la IA, no se requiere solamente un conocimiento técnico, sino también una comprensión de cómo esta tecnología se entrelaza con las prácticas pedagógicas y cómo todo esto debe estar estructurado, desde la actualización de los programas de formación que abordan conceptos básicos hasta los sistemas expertos para preparar a los docentes a utilizar la IA de manera efectiva y ética.

Referencias

- [1] S. H. Park, «Use of Generative Artificial Intelligence, Including Large Language Models Such as ChatGPT, in Scientific Publications: Policies of KJR and Prominent Authorities», *Korean Journal of Radiology*, vol. 24, no. 8, p. 715, 2023, doi: [10.3348/kjr.2023.0643](https://doi.org/10.3348/kjr.2023.0643).
- [2] D. Loza y R. Dabirian, «Introducción a la Tecnología Disruptiva y su Implementación en Equipos Científicos», *Revista Científica*, vol. 36, no. 3, 2015.
- [3] A. Troncoso Lora, «Inteligencia artificial: pasado, presente y futuro», *Encuentros Multidisciplinarios*, 2022.
- [4] A. Garcia Serrano y A. Menta Garuz, «La inteligencia artificial en las Humanidades Digitales: dos experiencias con corpus digitales», *Revista de Humanidades Digitales*, vol. 7, pp. 19-39, jun. 2022, doi: [10.5944/rhd.vol.7.2022.30928](https://doi.org/10.5944/rhd.vol.7.2022.30928).
- [5] T. D. Zabala Leal y P. A. Zuluaga Ortiz, «Los retos jurídicos de la inteligencia artificial en el derecho en Colombia», *Jurídicas. CUC*, vol. 17, no. 1, mar. 2021, doi: [10.17981/juridcuc.17.1.2021.17](https://doi.org/10.17981/juridcuc.17.1.2021.17).
- [6] World Federation of Engineering Organizations., «Report on Mobile Learning Week 2019» [En línea]. Disponible en: <https://www.wfeo.org/report-on-mobile-learning-week-2019/>

- [7] R. D. P. Moreno, «La llegada de la inteligencia artificial a la educación», *Revista de Investigación en Tecnología de Información*, vol. 7, no. 14, pp. 260-270, dic. 2019, doi: [10.36825/RITI.07.14.022](https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.022).
- [8] W. Holmes, R. Luckin, M. Griffiths, y L. B. Forcier, *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. London, U. K. : Pearson: UCL Knowledge Lab, 2016.
- [9] G. Akkan, S. Aran-Ramspott, y K. Zilles, «Representaciones femeninas de inteligencia artificial: Ex Machina revisa los mitos de Pandora y Galatea», *L'Atalante: Revista de Estudios Cinematográficos*, no. 33, 2022.
- [10] M. Clavijo, «Representaciones sociales de los docentes sobre el uso de la tecnología y su efecto tecnosocial», *EduTec 2022 Palma: XXV Congreso Internacional*, pp. 529-531, 2022.
- [11] D. Jodelet, *La representación social: fenómenos, concepto y teoría*, vol. II. Buenos Aires, Argentina: Paidós, 1986.
- [12] S. Moscovici, «El psicoanálisis, su imagen y su público», Buenos Aires, Argentina: Huemul, 1979.
- [13] Y. Cuevas, «Recomendaciones para el estudio de representaciones sociales en investigación educativa», *Cultura y Representaciones Sociales*, 2016.
- [14] J. Contreras, «Ser y saber en la formación didáctica del profesorado: una visión personal», 2010.
- [15] A. A. C. Contreras, «Representaciones Sociales Sobre el Estrés y sus Efectos en la Salud de Docentes y Funcionarios de una Institución Educativa Privada de la Ciudad de Tunja», Universidad Antonio Nariño, Tunja, Colombia, 2023.
- [16] A. Madill, «Interaction in the Semi-Structured Interview: A Comparative Analysis of the Use of and Response to Indirect Complaints», *Qualitative Research in Psychology*, vol. 8, no. 4, pp. 333-353, 2011.

- [17] J. L. Campbell, C. Quincy, J. Osserman, y O. K. Pedersen, «Coding In-depth Semistructured Interviews: Problems of Unitization and Intercoder Reliability and Agreement», *Sociological Methods & Research*, vol. 42, no. 3, pp. 294-320, ago. 2013, doi: [10.1177/0049124113500475](https://doi.org/10.1177/0049124113500475).
- [18] Q. Bu, «Ethical Risks in Integrating Artificial Intelligence into Education and Potential Countermeasures», *Scientific Insights*, vol. 41, no. 1, pp. 561-566, jun. 2022, doi: [10.15354/si.22.re067](https://doi.org/10.15354/si.22.re067).

Anexos

Anexo A. Propuesta para el diseño de la entrevista semiestructurada

Ejes de Análisis	Preguntas
Condiciones de producción de las representaciones sociales	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál es su edad? 2. ¿Cuál es su género? 3. ¿Cuál es su última formación académica? 4. ¿En qué programa educativo de Licenciatura imparte clases? 5. ¿Cuenta con algún otro trabajo? ¿de qué tipo? 6. ¿Cuántos años de experiencia docente tiene? 7. ¿Cuál es su cargo laboral dentro de la U. de C.?
Campo de información	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué ha escuchado de la IA? 2. ¿Cómo describiría usted su entendimiento hacia el término de Inteligencia Artificial? 3. ¿A través de qué medio se enteró de la inteligencia artificial? 4. ¿A través de qué medio notó la viralización de la inteligencia artificial? 5. ¿Qué tan informado está de la aplicación de la IA en la práctica docente? 6. ¿Qué clase de material ha consultado por interés personal previo al conocimiento de esta herramienta? 7. ¿Qué elementos resultan relevantes o constantes acerca de la IA? 8. ¿Cómo han sido sus experiencias utilizando herramientas basadas en "Inteligencia Artificial" en su práctica docente? 9. ¿Cómo ha aplicado o se ha visto involucrado en el uso de esta herramienta en su práctica docente? 10. ¿Cómo describiría la utilidad de la IA en la práctica educativa y específicamente en su práctica docente?
Campo de representación	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuando piensa en IA ¿qué imagen se le viene a la mente? 2. ¿Qué representa para usted la IA? 3. ¿Qué significa para usted la IA? 4. ¿Qué tan racional cree usted que es la IA? 5. ¿Cómo cree usted que la IA se integrará en los procesos educativos? 6. ¿Quién considera usted que debería regular el uso de esta herramienta?

	<ol style="list-style-type: none">7. ¿Cómo imagina que cambiará su práctica docente con la llegada de la IA?8. Mencione 5 palabras que asocie con IA en la práctica docente9. De estas dos, señale las que considere más importantes
Campo de actitud	<ol style="list-style-type: none">1. ¿Cómo valora usted a la IA?2. ¿Cuáles son los aspectos positivos y negativos de la IA?3. ¿Podría señalar las razones que lo llevan a emitir esta valoración?4. ¿Cómo es su sentir ante el uso o la inclusión de la IA en su práctica docente?5. ¿Cuáles son sus preocupaciones más importantes acerca de la integración de la inteligencia artificial en la educación?6. ¿Qué tipo de valores deberían mantenerse firmes dentro del uso de la IA?

Anexo B. Instrumento para guía de entrevista semiestructurada

Campo de Información

1. ¿Qué ha escuchado de la IA?
 - a. En su práctica docente, ¿ha utilizado la IA?
2. ¿Cómo describiría usted a la Inteligencia Artificial?
3. ¿A través de qué medio se enteró de la inteligencia artificial?
4. A nivel institucional, ¿qué información ha recibido de la IA?
5. ¿Qué conocimientos tiene respecto a la aplicación de la IA en la práctica docente?
6. ¿Qué clase de material ha consultado respecto a la Inteligencia Artificial?
7. ¿Qué aspectos de la IA le han resultado relevantes?
8. ¿Cómo han sido sus experiencias utilizando herramientas basadas en "Inteligencia Artificial" en su práctica docente?
9. ¿Qué utilidad tiene la IA en su práctica docente?

Campo de actitud

1. ¿Cómo valora usted a la IA?
2. ¿Cuáles son los aspectos positivos de la IA?
3. ¿Cuáles son los aspectos negativos de la IA?
4. ¿Podría señalar las razones o mencionar algún ejemplo que lo llevan a emitir estas valoraciones?
5. ¿Cuáles son sus preocupaciones más importantes acerca de la integración de la inteligencia artificial en la educación?
6. ¿Qué tipo de valores deberían mantenerse firmes ante el uso de la IA en la práctica docente?

Campo de representación

1. Cuando piensa en IA, ¿qué imagen se le viene a la mente?
2. ¿Qué representa para usted la IA?
3. ¿Qué significa para usted la IA?

4. ¿Cómo cree usted que la IA se integrará en los procesos educativos?
 - a. ¿Podría darme algún ejemplo?
5. ¿Quién considera usted que debería regular el uso de esta herramienta?
6. ¿Cómo imagina que cambiará su práctica docente con la llegada de la IA?
7. Mencione 5 palabras que asocie con IA en la práctica docente
 - a. De estas cinco, señale las que considere más importantes



Horizonte

TIES



Percepción de la ciberseguridad entre estudiantes universitarios en entornos digitales: Un estudio en la Facultad de Informática Mazatlán

Héctor Luis López López

Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática Mazatlán,
Mazatlán, Sinaloa, México.

ORCID: 0000-0002-9401-9807

Lucio Guadalupe Quirino Rodríguez

Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática Mazatlán,
Mazatlán, Sinaloa, México.

ORCID: 0009-0009-5128-1870

Asia Cecilia Carrasco Valenzuela

Universidad Autónoma de Sinaloa, Preparatoria Rubén Jaramillo,
Mazatlán, Sinaloa, México.

ORCID: 0000-0002-3515-358X

Recepción: 05 de septiembre de 2024.

Aceptación: 11 de noviembre de 2024.

Diciembre 2024 • número de revista 11 • <https://doi.org/10.22201/dgtic.26832968e.2024.11.30>

Percepción de la ciberseguridad entre estudiantes universitarios en entornos digitales: Un estudio en la Facultad de Informática Mazatlán

Resumen

El presente estudio, realizado en la Facultad de Informática Mazatlán, analiza cómo los estudiantes perciben la seguridad en línea y las prácticas que emplean para proteger sus datos personales en la modalidad virtual. A través de una encuesta a estudiantes, se investigaron aspectos como la percepción sobre ciberseguridad y las experiencias personales con dichos ataques. Los resultados muestran que una parte significativa de los estudiantes está preocupada por la seguridad de sus datos, careciendo muchos de ellos de los conocimientos necesarios para identificar y prevenir potenciales amenazas. Un hallazgo relevante es que sólo una minoría ha sido víctima de algún ciberataque, pero la mayoría de los encuestados tiene una percepción moderada de la seguridad en los entornos digitales, lo que sugiere que, si bien no se sienten completamente desprotegidos, existe una falta de confianza en las medidas de seguridad actuales. El estudio concluye que es esencial integrar asignaturas específicas sobre ciberseguridad en los programas académicos para capacitar a los estudiantes en la identificación de riesgos y en la adopción de prácticas de seguridad adecuadas.

Palabras Clave: Ciberseguridad, privacidad digital, protección de datos, vulnerabilidad informática, conciencia digital

Perception of Cybersecurity Among University Students in Digital Environments: A Study at the Faculty of Informatics Mazatlan

Abstract

This study, conducted at the Facultad de Informática Mazatlán, analyzes how students perceive online security and the practices they use to protect their personal data in a virtual setting. Through a survey of students, aspects such as cybersecurity perception and personal experiences with such attacks were investigated. The results show that a significant portion of students are concerned about the security of their data, with many lacking the necessary knowledge to identify and prevent potential threats. A noteworthy finding is that only a minority have been victims of cyberattacks, yet most respondents have a moderate perception of security in digital environments. This suggests that, although they do not feel completely unprotected, there is a lack of confidence in current security measures. The study concludes that it is essential to integrate specific cybersecurity courses into academic programs to train students in identifying risks and adopting appropriate security practices.

Keywords: *Cybersecurity, digital privacy, data protection, computer vulnerability, digital awareness.*

1. Introducción

Actualmente, la ciberseguridad se ha convertido en una preocupación dentro del ámbito educativo de la educación superior y, especialmente, en la enseñanza virtual, donde el uso de entornos digitales es cada vez más frecuente. La digitalización de procesos académicos, la gestión de datos personales y el acceso a plataformas educativas en línea han convertido a las universidades en objetivos atractivos para ataques cibernéticos. La vulnerabilidad de los sistemas de información en las instituciones educativas plantea riesgos significativos, no sólo para la protección de la información personal de estudiantes y docentes, sino también para la integridad de los datos académicos y la continuidad de los procesos educativos.

En este contexto, según Galinec [1], la ciberseguridad abarca prácticas de protección enfocadas en acciones defensivas que implican o dependen de sistemas y entornos de tecnología de la información y tecnología operativa. A juicio de Bishop [2], ciberseguridad consiste en proteger la infraestructura de redes, incluidos enrutadores, servidores de nombres de dominio y conmutadores, asegurando una comunicación informática precisa y confiable. Finalmente, según Veale [3], ciberseguridad incluye tanto aspectos técnicos como sociales para proteger los sistemas de información en red, cobrando así mayor relevancia a medida que más actividades gubernamentales, comerciales y diarias migran a Internet. La ciberseguridad no sólo se refiere a la protección de la infraestructura tecnológica, sino también a la creación de una cultura de seguridad dentro de las comunidades educativas. Es fundamental que las instituciones de educación superior adopten medidas proactivas para sensibilizar a los estudiantes y personal académico sobre las amenazas cibernéticas, promoviendo prácticas seguras en el manejo de la información digital [4]. La creciente dependencia de plataformas digitales para la enseñanza y la gestión académica ha aumentado la superficie de ataque, haciendo imprescindible el fortalecimiento de las políticas y sistemas de seguridad dentro de las universidades.

La seguridad de los datos en la educación superior adquiere una relevancia especial debido a la naturaleza sensible de la información manejada. Las universidades e instituciones de educación no sólo custodian datos personales de miles de estudiantes, sino que también manejan información relacionada con investigaciones científicas, patentes y propiedad intelectual, lo que las convierte en objetivos prioritarios para los ciberdelincuentes [5]. La pérdida o manipulación de estos datos puede tener consecuencias catastróficas, desde el daño a la reputación de la institución hasta la interrupción de actividades académicas.

Por otro lado, en un entorno donde la educación a distancia se ha consolidado como una modalidad clave, especialmente en tiempos de pandemia, la protección de los datos personales y académicos en plataformas digitales es crucial. La reciente transición hacia el aprendizaje en línea ha expuesto nuevas vulnerabilidades, como el incremento de intentos de phishing y accesos no autorizados, lo que exige a las universidades una actualización constante de sus protocolos de ciberseguridad [6]. Desde el punto de vista de Jain y Gupta [7], el phishing es una forma de robo de identidad que manipula a los usuarios de Internet para que revelen información confidencial, como credenciales de acceso y datos de tarjetas

de crédito o débito. El reto no sólo radica en proteger la infraestructura tecnológica, sino también en garantizar que los usuarios, es decir, estudiantes y profesores, comprendan los riesgos y adopten comportamientos que mitiguen dichos riesgos.

Investigar la percepción de ciberseguridad, entre los estudiantes de la Facultad de Informática Mazatlán (FIMAZ), es de vital importancia para comprender las actitudes, conocimientos y comportamientos que estos futuros profesionales desarrollan en relación con la seguridad digital. Dado que la facultad forma a especialistas que estarán al frente de la protección de datos en diversas industrias, es fundamental que su formación incluya no sólo competencias técnicas, sino también una conciencia profunda sobre los riesgos y mejores prácticas en ciberseguridad. Según un estudio, la percepción de ciberseguridad entre los estudiantes de informática influye directamente en su capacidad para identificar y mitigar riesgos en entornos digitales, lo cual es esencial para su futuro desempeño profesional [3].

Además, la percepción que tienen los estudiantes sobre la seguridad de los datos afecta directamente su desempeño digital, lo que tiene implicaciones significativas para la seguridad de la información dentro de la misma facultad. Un alto nivel de percepción de ciberseguridad se correlaciona con una mayor adherencia a las políticas de seguridad establecidas por las instituciones educativas, reduciendo así la vulnerabilidad a ciberataques [8]. En este sentido, entender cómo perciben los estudiantes los riesgos digitales permitirá a la FIMAZ diseñar estrategias de formación más efectivas que no sólo aumenten el conocimiento técnico, sino que también promuevan una cultura de seguridad que se extienda a todas las prácticas académicas y profesionales.

La relevancia de este conocimiento radica también en la capacidad de la facultad para adaptarse y responder a las nuevas amenazas cibernéticas que surgen constantemente. Investigaciones recientes han demostrado que los estudiantes que comprenden mejor las dinámicas de la ciberseguridad están más preparados para enfrentar desafíos complejos y para contribuir al desarrollo de soluciones innovadoras en el campo de la seguridad informática [9]. Por lo tanto, la facultad tiene la responsabilidad de evaluar y mejorar continuamente sus programas educativos, asegurándose de que los estudiantes no sólo dominen las herramientas y técnicas actuales, sino que también desarrollen una mentalidad crítica y preventiva frente a las nuevas amenazas cibernéticas. Una percepción deficiente de

los riesgos cibernéticos puede llevar a un cumplimiento superficial de las normas de seguridad, lo que, a su vez, incrementa la posibilidad de incidentes que comprometan la integridad de la información académica y administrativa [10].

2. Metodología

Para analizar la percepción de ciberseguridad entre los estudiantes de la FIMAZ, se ha adoptado un enfoque de investigación cuantitativa que se ha complementado con elementos cualitativos, constituyendo así un diseño de investigación mixto. Este tipo de investigación se justifica por la necesidad de obtener tanto datos numéricos, que permitan identificar tendencias y patrones en la percepción de ciberseguridad, como una comprensión más profunda de las actitudes y experiencias subyacentes que no pueden ser capturadas únicamente mediante cifras. Según los investigadores, la combinación de métodos cuantitativos y cualitativos en estudios de ciberseguridad permite obtener una visión más completa y matizada de los problemas y desafíos que enfrentan los estudiantes en entornos digitales [11].

El componente cuantitativo de la investigación se centra en la recolección de datos a través de un instrumento de evaluación tipo encuesta estructurada, diseñada para medir la percepción de ciberseguridad en una muestra representativa de estudiantes del programa educativo de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas de Información (LISI), modalidad virtual. Este enfoque permite la recolección de datos a gran escala, facilitando el análisis estadístico para identificar correlaciones, tendencias y diferencias significativas entre diversos grupos de estudiantes. El uso de técnicas cuantitativas en estudios de ciberseguridad es esencial para obtener un panorama general de las percepciones y comportamientos en poblaciones amplias, lo que, a su vez, puede informar el diseño de políticas educativas más efectivas [12] [13].

Las entrevistas con ítems abiertos brindan a los estudiantes la oportunidad de expresar sus preocupaciones, experiencias y sugerencias en sus propios términos, lo que enriquece el análisis con perspectivas personales y contextuales sobre tema a investigar. La elección de un diseño mixto responde también a la necesidad de triangulación, es decir, la validación de los resultados a través de múltiples métodos y fuentes de datos. La triangulación en la

investigación educativa no sólo aumenta la credibilidad y validez de los hallazgos, sino que también permite abordar las complejidades inherentes al estudio de fenómenos como la percepción de ciberseguridad, que están influenciados por factores tanto individuales como contextuales [14].

La investigación se centra en los estudiantes de la FIMAZ, específicamente aquellos matriculados en el programa educativo de la LISI, modalidad virtual. Esta población está compuesta por un total de 102 alumnos oficialmente inscritos en el programa. Dado el tamaño de la población y la naturaleza del estudio, se ha seleccionado una muestra representativa de 50 estudiantes distribuidos entre los primeros cuatro años de la carrera.

La elección de la muestra se fundamenta en la necesidad de obtener una visión más clara y representativa con respecto a la percepción que tienen los alumnos sobre la ciberseguridad en la FIMAZ a lo largo de los diferentes niveles del programa académico. Seleccionar una muestra equilibrada que incluya a estudiantes de varios años académicos permite capturar variaciones en la percepción y comprensión de la ciberseguridad, que pueden estar influenciadas por la experiencia acumulada y el avance en el currículo [15]. Esta estrategia asegura que las conclusiones del estudio reflejen adecuadamente la diversidad de experiencias y conocimientos dentro del programa.

Para la selección de la muestra, se han aplicado criterios de inclusión; los estudiantes deben estar actualmente matriculados en el programa de la LISI y participar activamente en la modalidad virtual, además, se considera esencial que los estudiantes tengan al menos un semestre completo cursado en el programa para garantizar que posean una comprensión suficiente del entorno virtual de aprendizaje. Los criterios de exclusión incluyen a aquellos estudiantes que no se encuentren activos en el programa, ya sea por haber suspendido temporalmente sus estudios o por haber cambiado de programa educativo. Se excluyen igualmente a los estudiantes que no han completado un semestre en la modalidad virtual, ya que su experiencia puede no ser representativa de la percepción general de los estudiantes con mayor tiempo en el programa. La aplicación rigurosa de estos criterios de exclusión es crucial para evitar sesgos que podrían afectar la validez de los resultados [16].

La selección final de los 50 estudiantes se realizó mediante un muestreo aleatorio estratificado, asegurando una representación equitativa de cada año académico (1ro, 2do, 3ro y 4to). Este método de muestreo ayuda a garantizar que todos los niveles del programa

estén adecuadamente representados en el estudio, permitiendo un análisis más detallado de las diferencias en la percepción de ciberseguridad entre los años de estudio.

Para evaluar la percepción de ciberseguridad entre los estudiantes, se ha diseñado un instrumento de recolección de datos que combina diferentes tipos de preguntas para captar tanto aspectos cuantitativos como cualitativos. El instrumento principal utilizado es una encuesta estructurada que integra 14 preguntas de opción múltiple, 2 preguntas tipo Likert y 4 preguntas abiertas. Esta combinación permite una evaluación integral de las actitudes, conocimientos y experiencias relacionadas con la ciberseguridad.

Las 14 preguntas de opción múltiple están diseñadas para captar datos cuantitativos sobre el conocimiento general y las prácticas de ciberseguridad de los estudiantes, abarcando temas como la familiaridad con conceptos básicos de seguridad digital, la frecuencia con la que aplican prácticas seguras y la percepción de las políticas de seguridad implementadas en la facultad. Las respuestas son codificadas numéricamente, facilitando el análisis estadístico para identificar patrones y correlaciones significativas. Este tipo de preguntas es eficaz para obtener datos precisos y fácilmente comparables sobre conocimientos y comportamientos específicos [17].

Las 2 preguntas tipo Likert se utilizan para medir actitudes y percepciones más subjetivas de los estudiantes. Estas consultas permiten a los encuestados expresar su grado de acuerdo o desacuerdo con afirmaciones relacionadas con la eficacia de las medidas de seguridad y la confianza en las prácticas de ciberseguridad en la modalidad virtual. La escala Likert proporciona un rango de respuestas que va desde "totalmente en desacuerdo" hasta "totalmente de acuerdo", lo que facilita una evaluación matizada de las opiniones de los estudiantes. Las escalas Likert son útiles para capturar la intensidad de las actitudes y percepciones, proporcionando una visión más detallada de las opiniones de los encuestados [18].

Finalmente, las 4 preguntas abiertas están diseñadas para explorar aspectos cualitativos de la percepción de ciberseguridad. Estas preguntas permiten a los estudiantes expresar sus experiencias personales, preocupaciones y sugerencias de manera detallada. Preguntas abiertas como "¿Cuáles son los principales desafíos que enfrentas en términos de ciberseguridad en tu modalidad virtual?" y "¿Qué medidas consideras necesarias para mejorar la seguridad en los entornos digitales de la facultad?" ofrecen una visión profunda

de las percepciones individuales y pueden revelar problemas no abordados por las preguntas cerradas. Las preguntas abiertas son esenciales para obtener insights ricos y contextuales que ayudan a interpretar los datos cuantitativos de manera más completa [19].

El proceso de recolección de datos para evaluar la percepción de ciberseguridad entre los estudiantes se llevó a cabo utilizando encuestas diseñadas en Google Forms, ya que es una herramienta accesible y eficiente para la gestión de datos en línea. Esta elección se basó en la facilidad de uso de la plataforma, su capacidad para automatizar la recopilación de respuestas y su compatibilidad con el entorno virtual en el que se encuentra la población objetivo, utilizando correos electrónicos institucionales y plataformas de comunicación académica empleadas por la facultad. Para maximizar la tasa de respuesta, se realizó un seguimiento mediante recordatorios periódicos y se ofreció un breve periodo de tiempo para completar la encuesta, asegurando que los estudiantes pudieran participar sin interferir con sus horarios de estudio.

Una vez que los estudiantes completaron las encuestas, los datos se recopilaron automáticamente en Google Forms y se exportaron a una hoja de cálculo de Excel para un análisis más detallado. A su vez, la herramienta de Google Forms facilitó la recopilación de datos en tiempo real y permitió la integración con otras herramientas analíticas, lo que optimizó el proceso de análisis de los datos. Para asegurar la validez y confiabilidad de los datos recopilados, se implementaron varias estrategias. Primero, se realizó una prueba piloto de la encuesta con un grupo pequeño de estudiantes para identificar posibles problemas en la formulación de las preguntas y en la interfaz de la encuesta. Esta prueba permitió ajustar el diseño y el contenido de la encuesta antes de su distribución masiva. Las pruebas piloto son fundamentales para mejorar la calidad del instrumento de recolección de datos y asegurar que las preguntas sean claras y pertinentes [20].

El análisis estadístico descriptivo de las preguntas de opción múltiple y las preguntas tipo Likert nos proporcionan una visión general de los datos cuantitativos recopilados. El análisis descriptivo es esencial para interpretar las características básicas de los datos y para obtener una visión clara de las tendencias generales en las respuestas [21]. Para las preguntas abiertas, se empleó el análisis de contenido, una técnica cualitativa que permite identificar temas, patrones y significados en las respuestas textuales. Este análisis de contenido se llevó a cabo mediante la codificación y categorización de las respuestas

cuantitativas, que incluye la identificación de categorías temáticas, el análisis de la frecuencia de aparición de ciertos términos y la interpretación de las respuestas en contexto. El análisis de contenido es crucial para extraer insights profundos y contextuales a partir de datos cualitativos, proporcionando una comprensión más rica de las percepciones y experiencias individuales [22].

3. Resultados

A continuación, se presentan y analizan los datos obtenidos a partir de la investigación realizada en este análisis, enfocándonos en identificar las tendencias, patrones, y percepciones de los estudiantes de la LISI, en su modalidad virtual, en relación con la seguridad de sus datos personales en entornos digitales.

En la figura 1, observamos que la distribución de estudiantes por grado revela que el 4to grado tiene la mayor representación con un 28% (14 estudiantes), seguido del 3er grado con un 26% (13 estudiantes), el 1er grado representa el 24% (12 estudiantes) y, finalmente, el 2do grado el 22% (11 estudiantes). Esta distribución muestra una progresión ligeramente ascendente en la participación de estudiantes en la investigación a medida que avanzan en su grado académico.

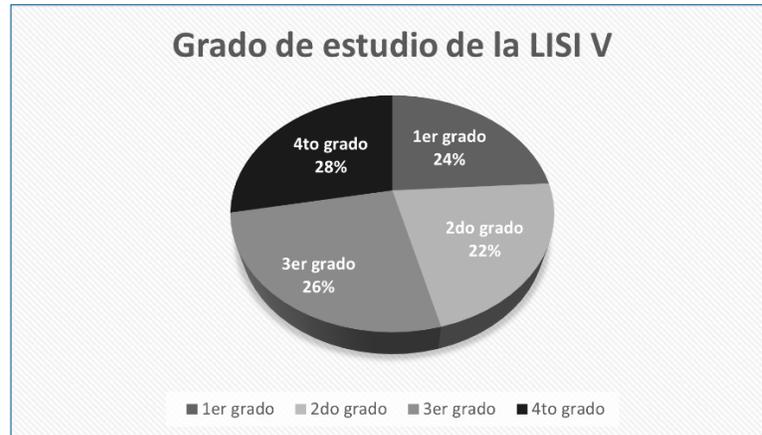


Fig.1. Grado y grupo de los alumnos participantes en el estudio.

Los resultados obtenidos en la figura 2, sobre la percepción que tienen los estudiantes acerca de la seguridad de los datos personales en la facultad, nos presenta una valoración significativamente alta entre los estudiantes encuestados, con un abrumador 86% (43 estudiantes). Esta población considera que la seguridad de sus datos personales es muy importante, lo que subraya la conciencia generalizada sobre la relevancia de proteger la información personal en el entorno académico y, especialmente, en el virtual; en concordancia con las investigaciones de Kumi-Yeboah, se argumenta que los estudiantes experimentan temor y ansiedad debido a la recolección de datos, las complicaciones de los procedimientos burocráticos y las preocupaciones de privacidad en los LMS y redes sociales utilizados en la educación en línea [23]. El 14% restante (7 estudiantes) cree que la seguridad de sus datos es importante, aunque no la sitúan en el nivel más alto de prioridad. No se registraron respuestas en las categorías de "no muy importante" o "nada importante", lo que indica que todos los encuestados reconocen al menos alguna medida de importancia en la protección de sus datos personales. Este consenso resalta la necesidad de mantener y posiblemente fortalecer las medidas de seguridad implementadas para asegurar la confianza continua de los estudiantes en el manejo de su información personal.



Fig.2. Importancia de la seguridad de los datos en la facultad.

En la figura 3, apreciamos los resultados de la encuesta sobre la percepción de protección de la información compartida en internet reflejan una marcada falta de confianza entre los estudiantes, solo el 18% (9 estudiantes) considera que la información que comparten en línea está protegida, lo que indica que una minoría confía en las medidas de seguridad actuales.

Por otro lado, el 46% (23 estudiantes) creen que su información no está protegida en internet, lo que representa casi la mitad de los encuestados, esta cifra revela una preocupación considerable sobre la vulnerabilidad de sus datos y una desconfianza hacia las plataformas o sistemas que manejan su información.

Además, un 36% (18 estudiantes) no está seguro sobre la protección de su información en internet, esto muestra una falta de claridad o conocimiento sobre la efectividad de las medidas de seguridad en línea, lo que subraya la necesidad de una mayor educación y concienciación en temas de ciberseguridad aplicados a la facultad, y tal como señala Doraisamy en su investigación, el 91.2% de los estudiantes optaron por usar una VPN durante su educación en línea, lo cual refleja un alto grado de conciencia respecto a la privacidad y seguridad [24].

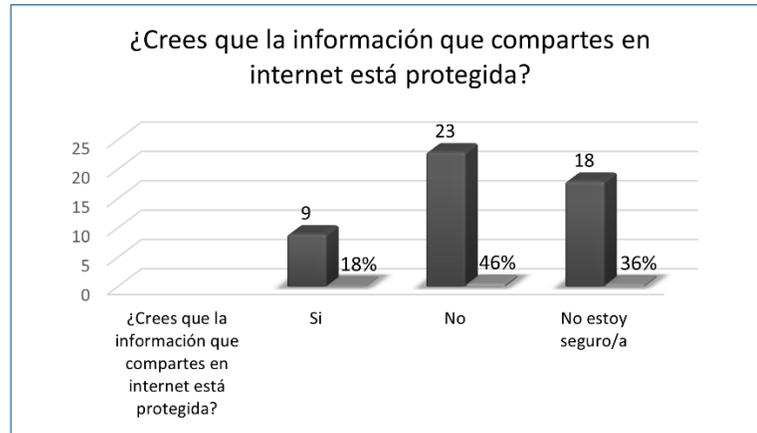


Fig. 3. Opinión de los Alumnos sobre la Seguridad de la Información en Internet.

En relación a la figura 4, los resultados indican que la mitad de los encuestados (50%) ha experimentado sentimientos de invasión a su privacidad en línea. Un porcentaje significativo, el 38%, no ha tenido tales experiencias, mientras que el 12% de los participantes no está seguro/a sobre si su privacidad en línea ha sido invadida.

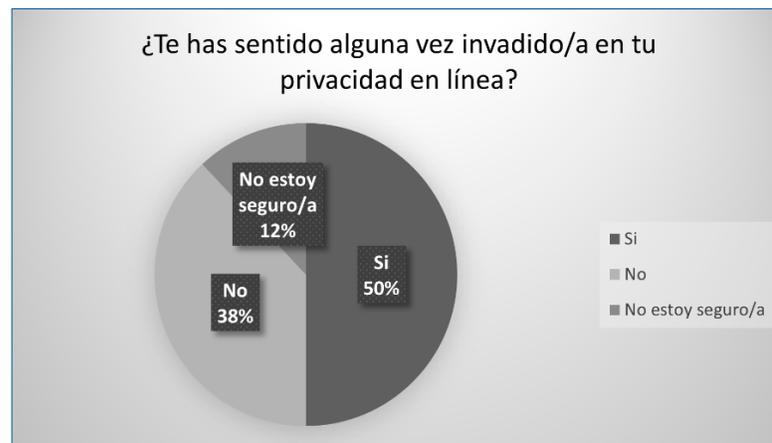


Fig. 4. Percepción de invasión de la privacidad en el entorno digital.

Como se observa en la figura 5, los resultados revelan que la mitad de los estudiantes 50% (25 alumnos) manifiestan una gran preocupación por la seguridad de sus datos

personales en entornos virtuales, el 38% (19 alumnos) indicaron estar "un poco preocupado/a", lo que muestra que una proporción significativa de los encuestados siente inquietud, aunque en menor medida, solamente el 12% de los estudiantes afirmaron que no están preocupados por este tema. Este hallazgo pone evidencia que la mayoría de los estudiantes encuestados tiene algún grado de preocupación respecto a la protección de sus datos personales en la modalidad virtual, lo que subraya la importancia de implementar medidas robustas de ciberseguridad y concientización en los entornos educativos digitales de la facultad.

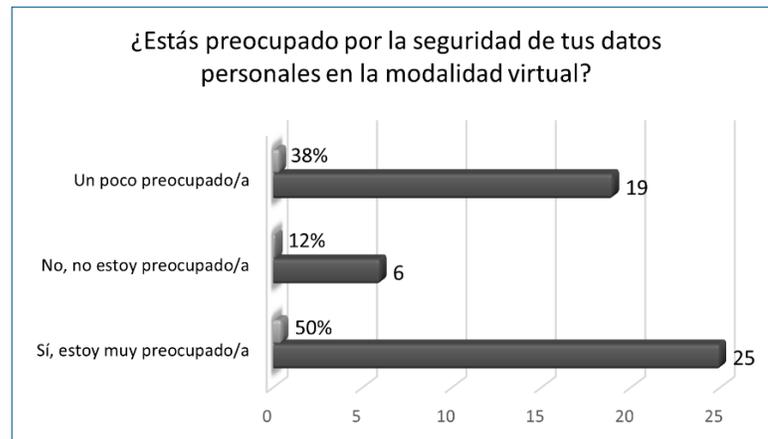


Fig. 5. Preocupación estudiantil por la protección de datos en ambientes virtuales.

En la figura 6, mostrada a continuación, se indica que la mayoría de los estudiantes, el 66%, percibe que el nivel de seguridad en la protección de datos en la modalidad virtual de la LISI es "medio", lo que sugiere que, aunque no consideran que la seguridad sea insuficiente, tampoco la califican como totalmente confiable, lo que podría reflejar ciertas dudas o inquietudes sobre la efectividad de las medidas de protección implementadas.

Por otro lado, un 28% de los encuestados valora el nivel de seguridad como "alto", lo que demuestra que una porción considerable de los estudiantes confía en los mecanismos de ciberseguridad aplicados en la modalidad virtual. Este grupo parece tener una mayor sensación de seguridad con respecto a la gestión de sus datos personales y académicos.

Sin embargo, es importante destacar que un 6% de los estudiantes percibe el nivel de seguridad como "bajo", lo que señala un área de preocupación para esta pequeña minoría, quienes podrían sentir que sus datos no están lo suficientemente protegidos.

En general, los resultados reflejan una percepción general positiva pero moderada, con una confianza mayoritaria en el sistema, pero también con un espacio claro para mejorar las medidas de seguridad y, posiblemente, la comunicación sobre las políticas y prácticas de ciberseguridad que protegen a los usuarios en esta modalidad educativa. Como indican estudios [25], las inquietudes sobre seguridad y privacidad afectan de manera negativa la percepción de facilidad para participar en clases en línea en tiempo real, lo cual influye en la participación de los estudiantes.

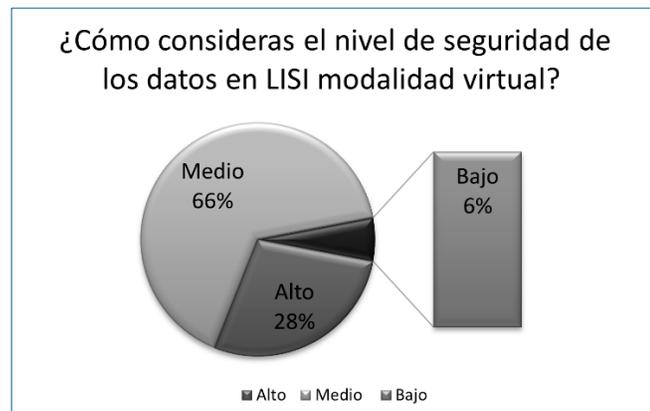


Fig. 6. Nivel de seguridad de los datos en LSI, modalidad virtual, según los estudiantes.

Como parte del estudio sobre las prácticas de seguridad en línea, se preguntó a los estudiantes "¿Con qué frecuencia cambias tu contraseña?". Como se observa en la figura 7, una proporción relativamente pequeña de los estudiantes, apenas el 4% (2 estudiantes), adopta una práctica de cambio de contraseña mensual, una recomendación común en el ámbito de la ciberseguridad para garantizar la protección de los datos personales. La mayor parte de los encuestados, el 34% (17 estudiantes), cambia sus contraseñas cada varios meses, lo que representa una frecuencia moderada y cierto nivel de conciencia sobre la importancia de mantener sus credenciales actualizadas, aunque no con la frecuencia ideal recomendada por los expertos en ciberseguridad.

Otro 32% (16 estudiantes) indicó que cambia su contraseña una vez al año, lo que refleja una actitud más relajada respecto al manejo de sus credenciales de acceso; si bien no es una práctica extremadamente descuidada, cambiar la contraseña solo una vez al año puede dejar las cuentas vulnerables durante largos periodos. Un 18% (9 alumnos) cambia su contraseña menos de una vez al año, lo que sugiere una falta de hábitos consistentes en cuanto a la protección de sus cuentas y puede ser un riesgo potencial para la seguridad de sus datos en entornos digitales, ya que las contraseñas no actualizadas pueden volverse más susceptibles a ataques o robos de información.

Por otro lado, un 12% de los encuestados afirmó que nunca cambia su contraseña, éste sería el grupo más vulnerable, ya que mantener la misma contraseña por largos periodos puede aumentar significativamente el riesgo de sufrir ataques cibernéticos, como el robo de identidad o el acceso no autorizado a información personal.

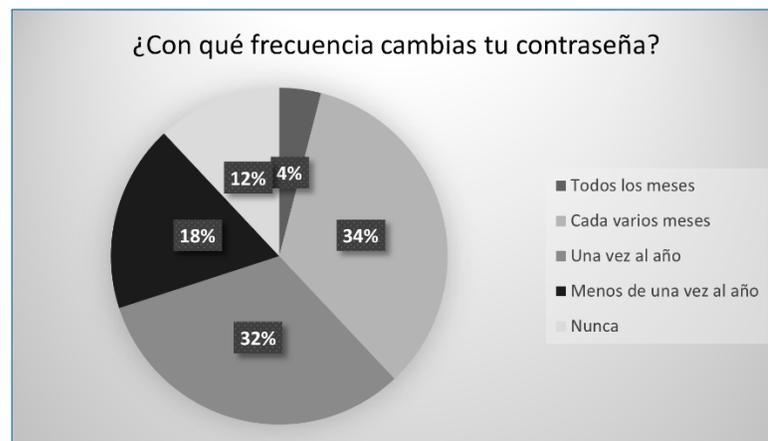


Fig. 7. Frecuencia en el cambio de contraseñas.

Finalmente, en el contexto cualitativo de la investigación, se preguntó a los estudiantes: "¿Confías en la seguridad de las páginas web y aplicaciones que utilizas para almacenar y compartir información personal? ¿Por qué sí o por qué no?". Las respuestas obtenidas revelan una percepción mixta respecto a la confianza en la seguridad de las páginas web y aplicaciones utilizadas para almacenar y compartir información personal.

Una proporción significativa de estudiantes muestra desconfianza en la seguridad de las páginas y aplicaciones; entre las razones más comunes se incluyen el temor a que terceros accedan a sus datos, la creencia de que la mayoría de las plataformas no son seguras y la percepción de que, en última instancia, los datos pueden ser vendidos o utilizados de manera inapropiada. Esta desconfianza refleja una preocupación por la privacidad y la seguridad digital, a menudo alimentada por la conciencia de que cualquier sistema puede ser hackeado.

Algunos estudiantes expresan que su confianza depende del contexto o de la fuente de la aplicación o página web. Por ejemplo, confían en sitios web o aplicaciones de instituciones conocidas. Otros estudiantes, aunque utilizan estas plataformas, reconocen la existencia de vulnerabilidades, pero lo hacen con una cierta resignación y expresan que, aunque son conscientes de los riesgos, confían en que las medidas de seguridad existentes son suficientes para mitigar los peligros más graves o simplemente no ven otra alternativa viable para el uso de estas herramientas.

Otros estudiantes presentan respuestas contradictorias o ambiguas, lo que puede indicar una falta de certeza o una comprensión incompleta del tema. Por ejemplo, hay respuestas que simultáneamente expresan confianza en las medidas de seguridad y desconfianza en la manipulación de datos por parte de terceros.

En general, la mayoría de los estudiantes parecen ser conscientes de los riesgos, aunque sus actitudes varían desde una confianza cautelosa hasta una desconfianza abierta, por lo tanto, este análisis sugiere la necesidad de una mayor educación sobre ciberseguridad para que los estudiantes puedan tomar decisiones más informadas y conscientes sobre el uso de sus datos personales en línea.

Otra pregunta cualitativa que se les aplicó fue: "Si fuiste víctima de un ciberataque, ¿cuál fue el motivo y cómo sucedió?". De los 50 estudiantes encuestados, sólo 22 respondieron a esta pregunta, lo que representa un 44% del total de participantes. La mayoría de los encuestados (14 de los 22 que respondieron) afirmaron no haber sido víctimas de un ciberataque, con respuestas como "No" o "Ninguno", lo que sugiere que un gran número de estudiantes no ha experimentado vulnerabilidades digitales significativas o no es consciente de ellas. Algunos estudiantes mostraron incertidumbre con respuestas como "No sé", lo que indica una posible falta de conocimiento para identificar ciberataques. Un grupo menor

compartió experiencias directas, que van desde la pérdida de cuentas por "links maliciosos" hasta casos más graves como el robo de dinero mediante clonación de tarjetas. Estos estudiantes describieron reacciones proactivas, como recuperar cuentas o transferir fondos rápidamente tras detectar robos, pero las respuestas también revelan una falta de preparación previa hacia esos ilícitos.

Este análisis subraya la necesidad de educar a los estudiantes sobre la prevención, identificación y manejo de ciberataques, además, la falta de conciencia de algunos sobre haber sido atacados resalta la urgencia de incluir asignaturas sobre ciberseguridad para los futuros programas académicos ofertados en la facultad.

4. Conclusiones

La investigación realizada sobre la percepción y experiencia de los estudiantes en relación con la ciberseguridad en entornos digitales arroja una serie de hallazgos clave que permiten identificar áreas de oportunidad en la formación académica de ellos, así como desafíos para la comunidad educativa de la FIMAZ.

En primer lugar, los resultados muestran que, aunque la mayoría de los estudiantes encuestados no ha sido víctima directa de ciberataques o no tiene conciencia de haberlo sido, existe una preocupante falta de ésta misma y de conocimientos sobre cómo identificar y prevenir amenazas digitales.

Los estudiantes que expresaron no estar seguros de haber sido atacados reflejan una carencia significativa de alfabetización digital en temas de ciberseguridad, lo cual los coloca en una situación de vulnerabilidad frente a los crecientes riesgos en la modalidad virtual. Además, aquellos estudiantes que sí han sido víctimas de ciberataques describen experiencias que varían en gravedad, desde el robo de cuentas de redes sociales hasta problemas financieros como la clonación de tarjetas de débito. Estas experiencias muestran que, si bien algunos han reaccionado de manera proactiva para mitigar el daño (por ejemplo, usando métodos de recuperación de cuentas o transferencias bancarias rápidas), muchos no están adecuadamente preparados para prevenir este tipo de situaciones.

Es importante reconocer algunas limitaciones en este estudio que podrían haber influido en los resultados obtenidos, como el hecho de que sólo 22 de los 50 estudiantes encuestados respondieron a una de las preguntas cualitativas sobre ciberataques, restringiendo así el alcance del análisis. Esto podría limitar la capacidad de generalizar las conclusiones a toda la población estudiantil, ya que los estudiantes que optaron por no responder podrían tener percepciones y experiencias distintas.

5. Recomendaciones

Con base en estos resultados, es altamente recomendable que la facultad integre asignaturas especializadas en ciberseguridad en sus planes de estudio. Estas asignaturas deben abordar temas como la gestión segura de contraseñas, el reconocimiento de ataques de *phishing*, el uso seguro de redes Wi-Fi y dispositivos móviles, así como la importancia del cifrado de datos. Al incluir estas materias, los estudiantes podrán adquirir las herramientas y habilidades necesarias para desempeñarse de manera segura y eficiente en el entorno digital, tanto en el ámbito académico como en su vida profesional.

Sería recomendable realizar estudios que midan de forma más precisa la relación entre el conocimiento de ciberseguridad y la prevención de ataques cibernéticos, así como también sería valioso diseñar investigaciones que incluyan evaluaciones de competencias en ciberseguridad antes y después de recibir formación especializada, pudiendo observar así los efectos de programas educativos enfocados en este ámbito.

Otra recomendación para futuras investigaciones sería ampliar el tamaño de la muestra y asegurar una mayor representatividad de los estudiantes, lo que permitiría obtener resultados más robustos y la realización de estudios longitudinales que permitan observar la evolución de las prácticas de seguridad digital entre los estudiantes de los programas virtuales a lo largo del tiempo. Esto sería relevante después de la implementación de asignaturas o programas de capacitación en ciberseguridad, para evaluar si estas medidas contribuyen efectivamente a la reducción de riesgos y al desarrollo de mejores hábitos digitales entre la comunidad estudiantil.

6. Propuestas y Aportaciones

La recién y creciente digitalización en todos los aspectos de la vida, incluida la educación, ha expuesto a los estudiantes y trabajadores de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) a diversos riesgos cibernéticos, por lo que se debe crear una cultura de ciberseguridad dentro de la institución. Sin embargo, la falta de conciencia sobre la seguridad informática sigue siendo un desafío, ya que muchos estudiantes y personal de la institución sólo toman acción cuando son víctimas directas de delitos como el *hackeo* de cuentas bancarias o el acceso no autorizado a sus redes sociales, por lo que, para transformar esta realidad y fomentar una mayor conciencia sobre la ciberseguridad, se proponen las siguientes propuestas:

Es crucial que los estudiantes reciban formación sobre ciberseguridad desde el inicio de sus programas educativos mediante la incorporación de módulos o asignaturas enfocadas en los ataques de seguridad cibernética, pudiendo ayudar a que todos los alumnos, independientemente de su área de estudio, desarrollen una comprensión básica de la protección en línea y de los riesgos a los que están expuestos.

La Unidad de Bienestar Social de la Universidad debe de organizar talleres y conferencias impartidas por expertos en los temas de ciberseguridad, proporcionándole a la comunidad educativa conocimientos prácticos sobre cómo protegerse contra ataques cibernéticos, como la creación de contraseñas seguras o el reconocimiento de correos fraudulentos (*phishing*), entre otros.

Dado que muchos estudiantes pasan gran parte de su tiempo en plataformas como Facebook, Instagram y Twitter, se pueden lanzar campañas de concientización sobre ataques seguridad digital. Estas campañas pueden incluir consejos semanales sobre cómo mantener la seguridad en línea, testimonios de personas afectadas por *hackeos* y guías sencillas sobre cómo proteger las cuentas bancarias y personales. Además, se podrían ofrecer simulaciones de ciberataques para que los estudiantes experimenten de primera mano cómo reaccionar ante una amenaza.

La Universidad debe implementar protocolos institucionales que detallen los pasos a seguir en caso de algún ilícito en ciberataques, tanto para estudiantes como para personal administrativo, ya que nadie pasa desapercibido en estos casos. La existencia de un proceso

claro, accesible y transparente ante incidentes de *hackeo* ayudaría a crear un entorno universitario más seguro y responsable.

Referencias

- [1] D. Galinec, D. Možnik, y B. Guberina, "Ciberseguridad y ciberdefensa: enfoque estratégico a nivel nacional", *Automatika*, vol. 58, pp. 273–286, 2017, doi: [10.1080/00051144.2017.1407022](https://doi.org/10.1080/00051144.2017.1407022).
- [2] M. Bishop, "¿Qué es la seguridad informática?", *IEEE Secur. Priv.*, vol. 1, pp. 67-69, 2003, doi: [10.1109/MSECP.2003.1176998](https://doi.org/10.1109/MSECP.2003.1176998).
- [3] M. Veale y I. Brown, "Cybersecurity", *Internet Policy Rev.*, vol. 9, no. 4, 2020, doi: [10.14763/2020.4.1533](https://doi.org/10.14763/2020.4.1533).
- [4] N. J. Pinda Román y L. A. Moya Martínez, "Ciberseguridad enfocada en el futuro digital de los estudiantes: Cybersecurity focused on the digital future of students", *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 5, núm. 2, 2024, doi: [10.56712/latam.v5i2.1910](https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1910).
- [5] D. Díaz Lima, "Transparencia y protección de datos personales en el ámbito universitario: ¿avance o retroceso?", *RET*, núm. 17 Extra, pp. 201-224, jul. 2023, doi: [10.51915/ret.311](https://doi.org/10.51915/ret.311).
- [6] A. González Torres, M. L. Pereira Hernández, y C. C. Lacruhy Enríquez, "Hombres y mujeres en el aprendizaje virtual: ¿Opinión diferenciada de la calidad en la formación en línea?", *Eduweb*, vol. 18, núm. 1, pp. 66–80, 2024, doi: [10.46502/issn.1856-7576/2024.18.01.5](https://doi.org/10.46502/issn.1856-7576/2024.18.01.5).
- [7] A. Jain y B. Gupta, "A survey of phishing attack techniques, defence mechanisms and open research challenges", *Enterprise Information Systems*, vol. 16, 2021, doi: [10.1080/17517575.2021.1896786](https://doi.org/10.1080/17517575.2021.1896786).
- [8] A. Antonio y J. Manuel, "Retos y oportunidades en materia de ciberseguridad de América Latina frente al contexto global de ciberamenazas a la seguridad nacional y

- política exterior”, *Estudios internacionales (Santiago)*, vol. 53, núm. 198, pp. 169–197, abr. 2021, doi: [10.5354/0719-3769.2021.57067](https://doi.org/10.5354/0719-3769.2021.57067).
- [9] L. Rodríguez Matías, H. B. Palacios Pérez, J. I. Zambrano Dávila, y M. Torres Gatica, “Análisis de la Seguridad Informática en el Uso de Redes Sociales de Alumnos de la Escuela Preparatoria No. 48”, *Ciencia Latina*, vol. 8, núm. 2, pp. 1498-1505, abr. 2024, doi: [10.37811/cl_rcm.v8i2.10583](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10583).
- [10] W. E. Martínez Chérrez y D. F. Ávila Pesantez, “Ciberseguridad en las redes sociales: una revisión teórica”, *Uniandes Episteme*, vol. 8, núm. 2, pp. 211–234, 2021. Disponible en: <https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/EPISTEME/article/view/2089/1659>
- [11] P. Ramírez y L. Gómez, "Investigación mixta en ciberseguridad: Integrando enfoques cuantitativos y cualitativos", *Revista Mexicana de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 12, núm. 2, pp. 144-158, 2021.
- [12] J.-J. Igartua, “Tendencias actuales en los estudios cuantitativos en comunicación”, *Comun. Soc. (Guadalaj.)*, núm. 17, pp. 15–40, 2012.
- [13] A. Hernández y M. López, "Explorando la percepción de ciberseguridad a través de métodos cualitativos," *Revista Latinoamericana de Estudios en Tecnología Educativa*, vol. 8, núm. 3, pp. 45-60, 2022.
- [14] E. Torres Campos, “Propuesta metodológica en la realización de la investigación educativa en el CAMCM”, *PD*, vol. 5, núm. 9, pp. 105-117, ene. 2023, doi: [10.56865/dgenam.pd.2023.5.9.249](https://doi.org/10.56865/dgenam.pd.2023.5.9.249).
- [15] D. Valverde-Crespo, A. de Pro Bueno, y J. González-Sánchez, “La fiabilidad de la información sobre ciencia de Internet y criterios utilizados para justificarla por parte de estudiantes de educación secundaria”, *Rev_Eureka_enseñ_divulg_cienc*, vol. 19, núm. 3, 2022, doi: [10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3103](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3103).
- [16] M. Astudillo-Torres y Y. Oviedo-Vargas, “La exclusión social y las Tecnologías de la Información y la Comunicación: una visión estadística de su relación en la educación

- superior", *LiminaR*, vol. 18, núm. 1, pp. 177–193, 2020, doi: [10.29043/liminar.v18i1.721](https://doi.org/10.29043/liminar.v18i1.721).
- [17] L. A. Camacho-Saavedra, J. J. Huamán-Saavedra, y J. O. Plasencia-Alvarez, "Eficiencia de preguntas de opción múltiple con 3 alternativas", *Rev Med Trujillo*, vol. 15, núm. 4, dic. 2020, doi: [10.17268/rmt.2020.v15i04.06](https://doi.org/10.17268/rmt.2020.v15i04.06).
- [18] M. I. Landaluce Calvo, "Recodificación de escalas tipo Likert a través de la clasificación no supervisada. Las implicaciones de las relaciones por Internet respecto a las relaciones presenciales como estudio de caso", *Rev. int. sociol.*, vol. 82, núm. 2, p. e251, jun. 2024, doi: [10.3989/ris.2024.82.2.M23-06](https://doi.org/10.3989/ris.2024.82.2.M23-06).
- [19] A. Matas, "Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión", *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, vol. 20, núm. 1, pp. 38-47, ago. 2018, doi: [10.24320/redie.2018.20.1.1347](https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347).
- [20] M.Á. Hernández Alvarado, M. de las M. de Agüero Servín, y M. A. Benavides Lara, "Piloteando ando: ajustes a un cuestionario de investigación a partir del estudio piloto", *Rev. Digit. Univ.*, vol. 25, núm. 1, 2024, doi: [10.22201/cuaieed.16076079e.2024.25.1.16](https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2024.25.1.16).
- [21] P. I. Vizcaíno Zúñiga, R. J. Cedeño Cedeño, y I. A. Maldonado Palacios, "Metodología de la investigación científica: guía práctica", *Ciencia Latina*, vol. 7, núm. 4, pp. 9723-9762, sep. 2023, doi: [10.37811/cl_rcm.v7i4.7658](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658).
- [22] H. Avila y S. M. Magarita Matilla González, "La entrevista y la encuesta: ¿métodos o técnicas de indagación empírica?", *Didasc@lia: didáctica y educación*, vol. 11, pp. 62–79, 2020.
- [23] A. Kumi-Yeboah, Y. Kim, B. Yankson, S. Aikins, y Y. A. Dadson, "Diverse students' perspectives on privacy and technology integration in higher education", *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 54, núm. 6, pp. 1671–1692, 2023, doi: [10.1111/bjet.13386](https://doi.org/10.1111/bjet.13386).
- [24] T. Doraisamy, D. Murad, R. Hassan, y F. Qamar, "Student's Awareness of Privacy and Security During Online Classes. 2023 8ª Conferencia Internacional sobre

Investigación Empresarial e Industrial (ICBIR)", pp. 161–164, 2023, doi: [10.1109/ICBIR57571.2023.10147603](https://doi.org/10.1109/ICBIR57571.2023.10147603).

- [25] S. Kim, "Motivators and concerns for real-time online classes: focused on the security and privacy issues", *Interactive Learning Environments*, vol. 31, pp. 1875–1888, 2021, doi: [10.1080/10494820.2020.1863232](https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1863232).