



Junio 2025 • DOI: 10.22201/dgtic.26832968e.2025.12 • 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).

© 2025 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 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
Las bases epistemológicas de las humanidades digitales y la transformación de la universidad	1
Experimentos en apertura y consciencia: modificando aspectos de personalidad con MML y “prompting”	15
Sesgos en la Representación de Profesionales de la Ciencia Forense en Imágenes Generadas por Inteligencia Artificial	26
Análisis de herramientas de Recuperación-Generación Mejorada (RAG) para la búsqueda de información general y académica	40
GUI_srsRAN_5G: Software libre para la implementación de redes celulares 5G privadas y su uso en la enseñanza en instituciones educativas	53

Editorial

Lo que Ada Lovelace anticipó: tecnologías que no solo calculan, sino que crean, representan y transforman

En 1843, Ada Lovelace escribió un conjunto de notas al traducir un artículo sobre la máquina analítica de Charles Babbage. En una de las notas, sugirió que esa máquina podría operar no sólo sobre números, sino también sobre símbolos y formas más complejas del pensamiento humano. Imaginó que, con el tiempo, serían capaces de crear música, hacer poesía u otras representaciones simbólicas, expandiendo su función más allá del cálculo. Aquella idea, que en su momento parecía meramente curiosa y poco creíble, ha encontrado cabida a lo largo de la historia y de la evolución tecnológica. Esto lo apreciamos de forma cotidiana en los sistemas de inteligencia artificial generativa, capaces de simular conversaciones, de responder con aparente creatividad y de producir imágenes que antes sólo podían ser producidas por personas.

Esta visión de Lovelace —ver en la máquina un medio para crear o representar— da sentido a este número 12 de *TIES, Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior*. En éste, convergen cinco artículos que, con distintas propuestas, muestran cómo las tecnologías actuales no sólo resuelven problemas técnicos, sino que apoyan la construcción del conocimiento, la producción de identidad profesional, la configuración de redes de comunicación y la redefinición de las epistemologías. En todos los casos, se hace evidente que el entorno digital es activo, ya sea por la mediación, la transformación o el poder, lo cual se aprecia en el diverso conjunto de artículos que integran esta edición.

Ernesto Priani propone el ensayo *Las bases epistemológicas de las humanidades digitales. Un impulso para transformar la universidad*. En él ofrece un cierre reflexivo sobre los supuestos que han dado forma a las prácticas de las humanidades digitales en América Latina, a partir de reconfigurar las estructuras de producción, validación y difusión del conocimiento. Plantea una epistemología construida desde la práctica: situada, colectiva,

abierta y crítica, en donde las humanidades se convierten en una propuesta para pensar de nuevo la universidad, su relación con la sociedad y las formas de legitimar el saber.

Israel Varona García, Oscar René Garzón Castro e Ivan Vladimir Meza, en el artículo *Experimentos en apertura y consciencia: modificando aspectos de personalidad con MML y prompting*, dan cuenta de un experimento revelador: inducir rasgos de personalidad en un modelo de lenguaje como ChatGPT mediante *prompts* diseñados estratégicamente. Esta posibilidad abre interrogantes éticos y pedagógicos sobre el rol de las inteligencias artificiales en el acompañamiento al aprendizaje, así como la necesidad de formar usuarios críticos.

El artículo *Sesgos en la Representación de Profesionales de la Ciencia Forense en Imágenes Generadas por Inteligencia Artificial* de Vicente Torres Zuñiga se adentra en una problemática de gran interés: la construcción visual generada por IA para el conocimiento profesional, en donde identifica los sesgos simbólicos y demográficos que refuerzan estereotipos de género, raza y rol profesional. Torres Zúñiga muestra cómo los sesgos podrían afectar las formas en las que entendemos la ciencia y otras áreas humanas si no se aprecia desde una mirada crítica de la producción visual algorítmica.

Por su parte, Suyin Ortega Cuevas y Ricardo Tavira Sánchez, en el artículo *Análisis de herramientas de Recuperación-Generación Mejorada (RAG) para la búsqueda de información general y académica*, examinan el papel emergente de las tecnologías RAG en los procesos de búsqueda, lectura y producción de información académica. Identifican herramientas que permiten la recuperación de contenido con fuentes visibles y datos contextualizados, lo cual proponen como una vía de transformación de las formas tradicionales de indagación.

Finalmente, en el artículo *GUI_srsRAN_5G: Software libre para la implementación de redes celulares 5G privadas y su uso en la enseñanza en instituciones educativas*, los autores Ángel Barrios Gutiérrez, Mario Alberto Hernández Flores, Víctor Rangel Licea, Daniel Enrique Ceballos Herrera y Ramón Gutierrez Castrejon nos trasladan al plano de la infraestructura tecnológica a través del desarrollo de una interfaz gráfica (GUI) de código abierto que simplifica la instalación de redes 5G privadas. Su propuesta permite formar a los estudiantes a través del rol activo que brinda la experimentación para el diseño de sus propias redes.

Como lo vislumbró Ada Lovelance, las tecnologías más poderosas no son las que calculan más rápido, sino aquellas que expanden el pensamiento humano. Los artículos de este número dan cuenta de ello desde la personalidad artificial hasta las imágenes sesgadas, desde las redes 5G hasta las nuevas formas de búsqueda académica, y desde las epistemologías colaborativas hasta las aulas digitales. Este número invita a repensar nuestras prácticas mediadas por tecnología con ética y creatividad.

Esther Labrada Martínez



Las bases epistemológicas de las humanidades digitales. Un impulso para transformar la universidad.

Ernesto Priani Saisó

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras,
Colegio de Filosofía, Ciudad de México, México.

ORCID: 0000-0003-2908-0457

Recepción: 14 de enero de 2025.

Aceptación: 13 de marzo de 2025.

Junio 2025 • número de revista 12 • DOI: 10.22201/dgtic.26832968e.2025.12.64

Las bases epistemológicas de las humanidades digitales. Un impulso para transformar la universidad.

Resumen

El propósito de esta contribución es llevar a cabo una revisión de los supuestos epistemológicos sobre los que se han formado las organizaciones de humanidades digitales (HD) en América Latina. La intención es, a partir de estos, inferir bases epistemológicas comunes que son las que han dado sustento a la práctica de las humanidades digitales HD en la región y han delineado los principios de organización de los humanistas digitales, pero que, sobre todo, han marcado su relación con la universidad como institución. En este sentido, el artículo subraya los cambios institucionales que promueven las HD y cómo han buscado ir más allá de las instituciones para vincularse socialmente.

Palabras Clave: epistemología, humanidades digitales, universidad, comunidades de práctica, transdisciplina.

The epistemological bases of the digital humanities. An impulse to transform the university

Abstract

This contribution reviews the epistemological assumptions on which digital humanities (DH) organizations in Latin America have been formed. It intends to infer standard epistemological bases that have sustained the practice of digital humanities DH in the region, outlined the principles of digital humanist organization, and, above all, marked their relationship with the university as an institution. In this sense, the article highlights the institutional changes promoted by digital humanities (DH) and how they have sought to go beyond institutions to engage socially.

Keywords: epistemology, digital humanities, university, communities of practice, transdisciplinarity.

Introducción

En las últimas décadas, han aparecido en la universidad, particularmente entre las disciplinas humanísticas, un grupo de prácticas de investigación y enseñanza donde se utilizan metodologías y herramientas de cómputo para explorar problemas característicos de las humanidades. Al conjunto de estas prácticas, se les da hoy el nombre de humanidades digitales (HD), aunque con anterioridad, han sido llamadas “cómputo para las humanidades”, “informática humanística”, entre otras denominaciones [1]. En torno a ellas, se ha ido construyendo un campo de conocimiento que ya cuenta con revistas especializadas¹, conferencias, agrupaciones profesionales², estudios de posgrado e instituciones de investigación, principalmente en los países del llamado Norte Global —Europa, Canadá, Estados Unidos, Japón— pero se ha ido extendiendo en los últimos años hacia naciones del Sur en América Latina, África y Asia [2].

Para Pierr Mounier, la emergencia de las HD debe entenderse dentro de un contexto en que el valor de las humanidades ha sido cuestionado socialmente por lo que son, según sus palabras, “la última manifestación de la transformación de las antiguas disciplinas que deben adaptarse a su nuevo entorno, o desaparecer” [3, 10].

Aunque parece no haber duda de que las HD han llegado a renovar la investigación y la pedagogía en las humanidades, introduciendo nuevos métodos y problemas, para el propio Mounier, aun no se ha resuelto cuáles son las bases epistemológicas sobre las que

¹ Existen, por ejemplo, las siguientes revistas: [Digital Humanities Quarterly](#), [DSH: Digital Scholarship in the Humanities](#), [Revista de Humanidades Digitales](#).

² La Alianza de Organizaciones de Humanidades Digitales (ADHO, por sus siglas en inglés) está compuesta por doce organizaciones nacionales y regionales; fuera de ella, hay otras asociaciones nacionales y en proceso de formación.

están sustentadas, lo que ha impedido que se hayan constituido de forma más institucional como un campo propio de conocimiento.

Sorprende, sin embargo, que una actividad de investigación tan extendida como la de las HD funcione sin unas bases epistemológicas compartidas. En cambio, el problema parece ser que tales bases no han sido hechas explícitas y no han sido reflexionadas y discutidas de manera amplia dentro de la comunidad para adoptarse como principios compartidos. Éstas han sido, pues, más asumidas que exploradas.

El propósito de esta contribución es llevar a cabo una revisión de los supuestos epistemológicos sobre los que se han formado las organizaciones de HD en América Latina. Se propone que, a partir de esos supuestos, se pueden inferir bases epistemológicas comunes que son las que habrían dado sustento a la práctica de las HD en la región. Son las mismas que habrían delineado los principios de organización de los humanistas digitales, pero también las que habrían marcado su relación con la universidad, a la cual demandan cambios sustantivos de la vida académica al mismo tiempo que buscan ir más allá de ella.

El hecho de que esta reflexión esté ceñida a América Latina no implica que las bases epistemológicas enunciadas no sean compartidas por otras comunidades de HD en el mundo. Sin embargo, circunscribirlas a América Latina es importante porque pueden servir para tener un punto de partido común de reflexión sobre la epistemología de las HD en Latinoamérica, a la vez que permiten comprender mejor el rol que están jugando las organizaciones de humanidades digitales no sólo en el agrupamiento de una comunidad, sino en la promoción de cambios en la cultura universitaria. Al mismo tiempo, la propuesta de unas bases epistémicas para las HD ayuda a comprender cómo conectan éstas con dos tendencias en la región: la ciencia abierta y la ciencia ciudadana.

Para una epistemología de las HD

Aunque es posible rastrear el uso de las herramientas de cómputo para investigar en humanidades en América Latina desde la década de los años 60s del siglo pasado, no es sino hasta la primera década del presente siglo que las HD comienzan a practicarse de manera más sistemática y amplia en la región [2]. La Red de Humanidades Digitales (RedHD), con sede en México, es la primera agrupación de ese tipo en constituirse en Latinoamérica en 2011. Es relevante notar que se formó sin postular una definición de las HD:

Nosotros no buscamos definir las HD y, por lo tanto, buscar formas que cuadraran con una definición preestablecida; lo que buscamos fue gente que, trabajando con instrumentos digitales en el campo de las humanidades, se identificara con el concepto y que éste enriqueciera su comprensión de la actividad que estaba llevando a cabo [2].

Como se puede ver, la RedHD buscó construir una colectividad a partir de quienes ya ejercían esa práctica, sin importar su disciplina, su campo de interés o su lugar dentro de la universidad. No es la única: la misma idea está presente durante las Primeras Jornadas de Humanidades Digitales en 2014 que se celebraron en Argentina. Ahí, el entonces presidente de la Asociación Argentina de Humanidades Digitales, Leonardo Funes, definía las HD como “un conjunto de procedimientos y de prácticas concretas que atraviesan campos de investigación y desarrollo muy heterogéneos, con lo cual el imperativo para cualquier operación de delimitación de áreas de influencia es abstenerse precisamente de fijar límites (al menos demasiado rígidos)” [3].

Algunos años después, este principio organizacional se puede identificar también en la formación de la Red Colombiana de Humanidades Digitales en 2016. En un texto sobre su origen, se afirma que “es la experimentación sobre el terreno más que la institucionalización académica la característica fundacional de este campo de prácticas” [4].

El principio común de los humanistas digitales para organizarse en América Latina ha sido reconocerse, en primer lugar, como una comunidad cuyos límites no están preestablecidos y más bien están dados por la experimentación y la práctica.

Esto ha tenido la virtud de desplazar el lugar de las HD fuera de las rígidas definiciones disciplinares, volviéndolas más abiertas y, sobre todo, inclusivas, aunque, al mismo tiempo, ha implicado un reconocimiento de las dificultades de su articulación dentro de la universidad. Tomando en cuenta lo anterior, tiene sentido preguntarse ahora cómo una comunidad con tales características concibe su generación de conocimiento.

Un concepto clave para orientarnos aquí lo proporciona Gimena del Río al describir a la Asociación Argentina como “una comunidad de prácticas en la que sus integrantes desarrollan actividades personales y propias de sus líneas de investigación en un cruce transdisciplinar que se encamina a la actividad colectiva, buscando fomentar el trabajo colaborativo, más allá de las instituciones, aunque con el apoyo de éstas” [5].

La idea de describir las HD como una comunidad de prácticas recoge uno de los postulados del Manifiesto por unas humanidades digitales surgido del ThatCamp de 2010 celebrado en París e impulsado por Marin Dacos, donde se afirma lo siguiente: “Nosotros, actores de las Humanidades Digitales, nos constituimos en una comunidad de práctica solidaria, abierta, acogedora y de libre acceso” [6]. Pero es relevante observar que, al retomar el planteamiento en América Latina, el concepto de comunidad de práctica es útil para ubicar a las HD en relación con la universidad y las formas disciplinares de producir conocimiento. Es un llamado a hacer con el apoyo de la universidad, pero sin ajustarse a sus normas y principios epistémicos dominantes.

La Red Colombiana se hace eco de esta misma concepción cuando escriben en *HD a la colombiche* que “Crucial fue reconocernos como ‘comunidad de práctica’ horizontal en cuanto a su organización interna, desinstitucionalizada lo más que fuera posible y fervorosa creyente en la idea de que aquello que sabemos lo sabemos entre todos” [4].

Aunque con posiciones divergentes en cuanto a su relación con la universidad, un más allá de las instituciones con el apoyo de éstas, frente a un desinstitucionalizado lo más posible, las posturas revelan la dificultad de pensar cómo se articulan las HD con el espacio universitario. El hecho de que ninguna de las organizaciones se piense como una asociación de profesionales, sino como una comunidad de practicantes, las ha vuelto un espacio de colaboración donde se impulsa y se produce conocimiento y, en ese sentido, se afirma la naturaleza colectiva del saber que se genera en torno a ellas. Son organizaciones que han

sido promotoras de espacios académicos, publicaciones, cursos y talleres, dentro y fuera de las universidades.

Para Wenger, teórico de las comunidades de práctica, éstas son “grupos de personas que comparten una misma preocupación, un conjunto de problemas o pasión sobre un tema, que profundizan su conocimiento y experiencia en el área interactuando de forma continua” [7]. Esta definición se aplica por igual a quienes se reúnen en un café para hablar de política, los operadores de un negocio que se juntan para discutir cómo hacer más ventas o los académicos que, independientemente de su disciplina, se congregan para hablar de un problema común.

En este sentido, la comunidad de práctica parece describir adecuadamente el tipo de convergencia que reúne a los humanistas digitales provenientes de cualquier disciplina, desde colegas diseñadores hasta lingüistas y científicos computacionales, para conocer juntos, mediante la aplicación de herramientas y métodos digitales, tanto el desarrollo y creación de éstas, como la creación de la infraestructura digital para el conocimiento humanístico.

Sin embargo, detrás de las comunidades de práctica no hay sólo una idea de reunión e intercambio colectivo, sino una idea de la naturaleza del conocimiento que producen. Para Wenger, en esas comunidades, el conocimiento “es mucho más un proceso vivo que un cuerpo estático de información. Las comunidades de práctica no reducen el conocimiento a un objeto. Lo convierten en una parte integral de sus actividades e interacciones, y sirven como un repositorio vivo para ese conocimiento” [7].

El énfasis puesto en el conocer como un proceso que se desarrolla en las actividades e interacciones de la comunidad, contrasta con la idea tradicional de que el conocimiento es una adquisición individual, un estado mental que se alcanza por uno mismo y que puede ser transmitido sólo para que los demás lo sometán a su propio proceso de adquisición [8].

En este sentido, las comunidades de práctica no son sólo una forma de organización, sino que definen una praxis epistémica como la esbozada por Wenger y en la que concurre también la epistemología de la transdisciplina. Según Regeer y Bunders [9], el trabajo transdisciplinar parte de renunciar a la idea de hay un criterio absoluto para establecer el conocimiento (por ejemplo, el juicio último del individuo), sino que éste debe emanar de la

propia comunidad en la medida en que, como sostienen, el proceso de conocer y de crear conocimiento está entrelazado y no puede ser separado.

Considerando lo que se ha dicho hasta aquí, es consecuente proponer que la epistemología que subyace a la propuesta de las asociaciones de HD en Latinoamérica, y que ha servido de base a la práctica de las HD en la región, tiene las siguientes características:

1) Hace énfasis en el fenómeno del *conocer*, porque está interesada en comprender cómo producen conocimiento humanístico en su experimentación con tecnologías digitales. Es decir, es una epistemología *pragmática* en el sentido que proponen Eraña y Barceló [8].

2) Asume que el conocimiento se produce colectivamente en la convergencia de múltiples saberes, por lo que es *colectivista* y *constructivista*.

3) De manera consecuente, entiende el conocimiento como *situado* y *contextualizado*, porque supone que tiene lugar en el mundo material y es por ello *materialista* [8].

Se puede sostener entonces que la dificultad para articular las HD en el espacio de la universidad tiene como trasfondo una concepción del conocimiento que resulta disruptivo para la forma disciplinar e individualista de concebir el conocimiento en torno a la cual se han construido las instituciones universitarias, tanto en América Latina como en el resto del mundo.

Esto se ha traducido, por supuesto, en una relación paradójica de las HD con las instituciones universitarias porque, por un lado, como prácticas que tienen lugar dentro de la universidad, aspiran a un reconocimiento académico y a cierta forma de institucionalización; pero, por otro, cuestionan tanto la forma en cómo se da ese reconocimiento académico, así como la estructura institucional dominante y, al mismo tiempo, impulsan una generación del conocimiento que incluye agentes que están fuera de las universidades y que busca articularse con el conjunto de los ciudadanos.

En lo que se refiere a la institucionalización de las HD, tanto Isabel Galina [10] como Paul Spence [11] han señalado que se trata de un proceso ya en marcha, con distintos niveles de profundidad según la región. En América Latina, existen diplomados, talleres, posgrados

y laboratorios de HD dentro de instituciones universitarias³. Sin embargo, al reflexionar sobre el tema, Galina señala que “aún existen múltiples interrogantes; las HD cuestionan nuestras formas de institucionalización, de organización... Asimismo, obligan a redefinir las formas de crear y establecer carreras académicas” [10].

En realidad, la institucionalización de las HD no ha sido una simple asimilación de ciertas prácticas a las estructuras universitarias. Dada la tensión epistemológica que atraviesa esa institucionalización, las HD han sido promotoras activas de la transformación de los aspectos centrales de la vida universitaria.

Por ejemplo, las HD han sido muy críticas del monolingüismo académico como consecuencia de su comprensión del conocimiento como situado. De este modo, han impulsado una diversidad lingüística y cultural no sólo en la producción del conocimiento, sino de manera crucial en la traducción de recursos digitales y la creación de herramientas digitales a múltiples lenguas [11].

Por otra parte, las HD impulsan la modificación de los modelos de reconocimiento y evaluación académica que aun hacen énfasis en la producción individual en menoscabo de la colectiva [10] y privilegian la producción escrita (en inglés) sobre los productos digitales, porque asumen que conocer es un acto colectivo y que los productos digitales (publicación, herramientas, visualización) codifican saberes y teorías humanas [13]. Promueven también cambios en los sistemas de publicación académica para el reconocimiento de otros tipos de

³ Existen maestrías en HD en México -Tec de Monterrey y Claustro de Sor Juana- y, en Colombia, Universidad de los Andes. Además, existen diplomados en México, en la UNAM en la Facultad de Filosofía y Letras; en Chile, Universidad Finis Terrae; en Argentina, Universidad UCES y en la Universidad Nacional de San Martín. En cuanto a los laboratorios, existen en Argentina el Laboratorio de Humanidades Digitales (HD LAB) del CONICET y el Laboratorio de Humanidades Digitales (Hlab) de Mar del Plata. En Colombia, el Laboratorio Digital de la Facultad de Artes y Humanidades de la Universidad de los Andes, el Laboratorio de Cartografía Histórica e Historia Digital de la Universidad Nacional de Colombia y el Exploratorio de Humanidades Digitales de la Universidad de Antioquia. En México, el Laboratorio de Humanidades Digitales del Instituto de Investigaciones Bibliográficas de la UNAM y el Laboratorio de humanidades digitales de la UDG. En Chile, el Laboratorio de Patrimonio Documental y Humanidades Digitales de la Universidad Católica de Chile y en Perú, el Laboratorio de Humanidades Digitales(HLAB) de la Universidad Pontificia y Católica de Perú.

publicaciones [11] y lo mismo ocurre con los modos de la enseñanza de las humanidades que deben acoplarse no solo a las nuevas herramientas, sino a una pedagogía que refleje las bases epistemológicas con las que se están formando las HD. Al mismo tiempo, han ido construyendo espacios de producción de conocimiento humanístico digital, a través de talleres o laboratorios, ya sean físicos, virtuales o híbridos, que contrastan con el aula tradicional o el cubículo del investigador.

Es importante observar cómo estos cambios se han producido primero, de manera perimetral, en aquellos lugares donde las instituciones tienden a ser más flexibles. Por eso es natural ver inicialmente la aparición de diplomados y especialidades, antes que posgrados; y la aparición de laboratorios y talleres en centros de investigación antes que en la formación de humanistas en las licenciaturas [11]. Por demás está decir que las resistencias institucionales hacen aun difícil que alcancen, por ahora, otros espacios al interior de las instituciones, pero también otros espacios sociales fuera de las instituciones.

Aunque no es mencionado como parte del proceso de la institucionalización de las HD, se propone que la promoción de la ciencia abierta y de la ciencia ciudadana son dos características particulares de éste en Latinoamérica, que hacen sentido con sus bases epistemológicas.

Si partimos de que una característica del conocimiento colectivo es precisamente que pertenece a la colectividad, entonces impulsar una ciencia que promueva el acceso abierto y sin restricciones al conocimiento resulta una posición lógica. Es importante añadir que, como señala Gimena del Rio, “La sinergia entre lo abierto y lo digital resulta evidente: la transformación digital abrió nuevos canales de innovación y divulgación en todas las áreas científicas. La tecnología digital eliminó las barreras inherentes a la cultura impresa, como las limitaciones en el alcance y la distribución de la producción textual, las restricciones en los números de página y las dificultades para vincular las fuentes con las publicaciones” [14]. En este sentido, las HD en América Latina no sólo apoyan la agenda de una ciencia abierta en un sentido general, sino que la han vuelto parte de las buenas prácticas en los proyectos de HD [15], abriendo todas las etapas de la investigación, los datos, las herramientas, las metodologías y los recursos educativos, facilitando su consulta y reuso, ampliando así las posibilidades de la investigación.

Algo similar pasa con la ciencia ciudadana; de nuevo un conocimiento colectivo que además se comprende como situado, tiene que vincularse con la sociedad dentro de la cual surge para producir un conocimiento nuevo y además conservar el patrimonio cultural común. En este sentido, una ciencia ciudadana “implica la participación social en la dirección de la ciencia, en la que científicos y ciudadanos colaboran para producir nuevos conocimientos para la ciencia y la sociedad” [16]. Para Rollo [16], ésta forma parte de una visión más amplia de la ciencia abierta, por lo que participa de sus principios. De nuevo aquí las HD no sólo promueven la agenda de la ciencia ciudadana, sino que, como lo demuestran numerosos proyectos, “desempeñan un papel crucial en el contexto de los proyectos de Ciencia Ciudadana, fomentando la integración de las tecnologías, la participación ciudadana y la producción colaborativa de conocimiento científico en las humanidades y las ciencias sociales, allanando el camino a nuevas posibilidades de investigación y análisis” [16].

Conclusiones

Al contrario de lo que piensa Pierr Mounier [3], hay suficientes elementos para sugerir que las HD cuentan con bases epistemológicas que, si bien no habían sido hechas manifiestas, han moldeado el quehacer de los humanistas digitales en Latinoamérica y han ayudado a esbozar su relación con la universidad.

Estas bases parten de que los humanistas digitales se interesan por la forma de producir conocimiento, puesto que difiere de la manera en que lo hacen tradicionalmente las humanidades al incorporar métodos y agentes nuevos cuya participación debe ser justificada y ponderada no sólo al interior de los proyectos, sino en su presentación pública a través de documentación que tiene la función de detallar las herramientas utilizadas, la fuente de los datos y los métodos aplicados. Esto mismo suele aparecer en los artículos publicados, donde no sólo se presentan resultados, sino que hay un interés específico por describir cómo se llegó a ellos. Este interés constante por el proceso de conocer ha llevado a los humanistas digitales a concebirlo como colectivo, construido y, por ello mismo, situado y contextualizado, pues hay una preocupación por dar cuenta de quiénes participan en el proceso de investigación y qué aporta cada uno desde sus áreas de conocimiento; asimismo, hay una plena conciencia de en dónde y con qué recursos se hacen.

Desde esta posición epistémica, las HD han buscado construir su relación con la universidad por dos vías convergentes: por un lado, la transformación de los modelos institucionales vigentes en áreas tan sensibles como la lengua en que se produce el conocimiento, sus formas de evaluación, publicación y enseñanza; por otro, la intención de no ceñirse sólo a la universidad, sino ir más allá de ella a través de proyectos de ciencia abierta y ciudadana.

En suma, la introducción de herramientas y métodos digitales, matemáticos y estadísticos, al campo de las humanidades, no sólo ha implicado una renovación de los problemas y de las herramientas de investigación, sino que ha conducido a una revisión profunda de cómo se genera el conocimiento en las humanidades, tomando en cuenta que éste, además de tener las características que se han descrito, implica otras cuestiones centrales como la de la infraestructura —de la que hay un déficit importante en América Latina—, la organización de los flujos de trabajo que en la producción colectiva del saber son centrales, así como los modelos de colaboración y reconocimiento. Con base en ello, las HD han impulsado una agenda de cambios a la estructura universitaria y de vinculación social que influirán en el rumbo que las humanidades, dentro de la universidad, tomen en un futuro.

Referencias

- [1] S. Hockey, "The History of Humanities Computing," en *A Companion to Digital Humanities*, S. Schreibman, R. Siemens, y J. Unsworth, Eds. Oxford: Blackwell, 2004. [En línea]. Disponible: <https://companions.digitalhumanities.org/DH/>
- [2] E. Priani Saisó, P. Spence, I. Galina Russell, E. González-Blanco García, D. Alves, J. F. Barrón Tovar, M. A. Godínez Bustos y M. C. Paixão de Sousa, "Las humanidades digitales en español y portugués. Un estudio de caso: diáhd/diahd," *Anuario Americanista Europeo*, no. 12, pp. 5–18, 2014.
- [3] P. Mounier, *Humanidades Digitales: Una historia crítica*. Mármol-Izquierdo, 2021.

- [4] L. Funes, "Sobre la Asociación Argentina de Humanidades Digitales y sus Primeras Jornadas. Palabras preliminares," en *Las Humanidades Digitales desde Argentina. Tecnologías, culturas, saberes*, Univ. de Buenos Aires, 2015, pp. 11–13.
- [5] M. Peña Pimentel, "La Red de Humanidades Digitales: Multiculturalidad e inclusión. Diálogo con Ernesto Priani Saisó," *Revista Virtualis*, vol. 7, no. 13, p. 92, 2016.
- [6] M. J. Afanador Llach *et al.*, "Humanidades Digitales 'a lo colombiche': cadáver exquisito de la Red Colombiana de Humanidades Digitales," *Revista de Humanidades Digitales*, vol. 5, p. 217, 2020. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.5944/rhd.vol.5.2020.27837>
- [7] G. Del Rio, "La Asociación Argentina de Humanidades Digitales. Punto de encuentro para las culturas, las tecnologías y los saberes," en *Las Humanidades Digitales desde Argentina. Tecnologías, culturas, saberes*, Univ. de Buenos Aires, 2015, pp. 11–13.
- [8] M. Dacos, "Manifiesto por unas Humanidades Digitales," *THATCamp Paris*, 26-marzo-2011. [En línea]. Disponible: <https://tcp.hypotheses.org/487>
- [9] R. E. Wenger, R. McDermott y W. M. Snyder, *Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge*. Harvard Business School Press, 2002.
- [10] Á. Eraña y A. A. Barceló Aspeitia, "El conocimiento como una actividad colectiva," *Tópicos, Revista de Filosofía*, no. 9, 2016. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.21555/top.v0i0.746>
- [11] B. J. Regeer y J. F. G. Bunders, "The epistemology of transdisciplinary research: From knowledge integration to communities of practice," *Interdisciplinary Environmental Review*, vol. 5, no. 2, pp. 98, 2003. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1504/ier.2003.053901>
- [12] I. Galina, "La institucionalización de las humanidades digitales," en *Humanidades Digitales: Recepción, institucionalización y crítica*, Bonilla Artigas, 2018.
- [13] P. Spence, "Las humanidades digitales en 2021," *ARCIC*, vol. 10, no. 25, 2021.

- [14] G. Del Río, "Humanidades Digitales o las Humanidades en la intersección de lo digital, lo público, lo mínimo y lo abierto," *Publicación de la Asociación Argentina de Humanidades Digitales*, vol. 3, 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.24215/27187470e038>
- [15] E. Masson, "Humanistic Data Research. An Encounter between Epistemic Traditions," en *The Datafied Society*, Amsterdam Univ. Press, 2017, pp. 25–38.
- [16] G. Del Río, "Humanidades Digitales o las Humanidades en la intersección de lo digital, lo público, lo mínimo y lo abierto," *Publicaciones de la Asociación Argentina de Humanidades Digitales*, vol. 3, 2022.
- [17] I. Galina, *Pautas para el Desarrollo de la Evaluación de Proyectos Digitales en las Humanidades*, Univ. Nacional Autónoma de México, 2022.
- [18] A. SantosWitt y F. Couto Corrêa da Silva, "Posibilidades de las Humanidades Digitales en los proyectos de Ciencia Ciudadana en Brasil y Portugal," *Publicaciones de la Asociación Argentina de Humanidades Digitales*, vol. 4, 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.24215/27187470e053>
- [19] M. F. Rollo, "Desafios e responsabilidades das humanidades digitais: preservar a memória, valorizar o patrimônio, promover e disseminar o conhecimento. O programa Memória para Todos," *Estudos Históricos Rio de Janeiro*, vol. 33, no. 69, pp. 19–44, 2020. [En línea]. Disponible: <http://dx.doi.org/10.1590/S2178-149420200001000003>



Experimentos en apertura y consciencia: modificando aspectos de personalidad con MML y prompting

Israel Varona García

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología,
Ciudad de México, México.
ORCID: 0009-0007-6068-5493

Oscar René Garzón Castro

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias,
Ciudad de México, México.
ORCID: 0009-0002-8346-6959

Iván Vladimir Meza Ruiz

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones en Matemáticas
Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), Ciudad de México, México.
ORCID: 0000-0002-7239-1480

Recepción: 3 de marzo de 2025.

Aceptación: 10 de junio de 2025.

Junio 2025 • número de revista 12 • DOI: 10.22201/dgtic. 26832968e.2025.12.74

Experimentos en apertura y consciencia: modificando aspectos de personalidad con MML y *prompting*

Resumen

Se presentan los resultados obtenidos al modificar la expresividad de personalidad de un Modelo Masivo de Lenguaje (MML). En particular, se explora la exaltación y supresión de los factores de apertura y consciencia del modelo conocido como *The Big Five*. Se demuestra que es posible construir *prompts* que condicionen la generación del lenguaje y que, a través de un mecanismo de auto-evaluación, se mide el efecto del *prompt* contra el comportamiento "normal" del MML.

Palabras Clave: personalidad, apertura, consciencia, MML, MLG, prompting.

Experiments on Openness and Conscientiousness: Modifying Personality Traits through MLM and Prompting

Abstract

This work presents the results of modifying the personality expressiveness of a Massive Language Model (MLM). Specifically, the study explores the activation and suppression of the openness and conscientiousness factors of the The Big Five model of personality traits. It is demonstrated that it is possible to construct prompts that influence language generation and that, through a self-evaluation mechanism, the effect of the prompt can be measured against the "normal" behaviour of the MLM.

Keywords: personality, openness, conscientiousness, MLM, LLM, prompting.

Introducción

Con el advenimiento de sistemas conversacionales basados en Modelos Masivos del Lenguaje (MML, LLM por sus siglas del inglés) [1], su uso en diferentes aplicaciones, como asistentes conversacionales o de apoyo a la programación, y su aplicación a diferentes aspectos como la Educación [2] y la Salud [3], se ha vuelto primordial estudiar las capacidades expresivas de estos modelos. Una de éstas, la cual ha sido ampliamente estudiada, es la maleabilidad de estos sistemas para expresar diferentes aspectos de la personalidad durante la generación de respuestas de estos [4,5,6]. En particular, estos esfuerzos se han concentrado en el Modelo de los cinco grandes factores (OCEAN por sus siglas en inglés o Big Five), los cuales, propiamente dichos, son: apertura, consciencia, extraversión, amabilidad y neuroticismo [7]. En este trabajo, nos concentramos en el estudio de los factores de apertura y consciencia. El primero está relacionado con la predisposición de una persona por situaciones nuevas, mientras que el segundo se enfoca en una predisposición a la autodisciplina. Cabe destacar que estos factores están anclados a la expresividad humana, sin embargo, en trabajos recientes, se han establecido metodologías para evaluar la personalidad expresada de los MML. Considerando lo anterior, presentamos los resultados de manipular la expresividad de apertura y consciencia en un sistema MML a través del prompting. La selección de estos factores ha sido un tanto aleatoria dado el estado en que se encuentra nuestra investigación; sin embargo, creemos que activar o suprimir estos factores en procesos de IA Generativa podría tener un impacto relevante en la aplicación de MMLs. Por ejemplo, un asistente con el rol de mentor podría expresar mayor apertura con diferentes métodos para explorar algún tema, pero podría suprimir esta apertura a la hora de definir el método de evaluación o, de forma similar, podría establecer más consciencia para ciertos conceptos como definiciones, mientras suprimir consciencia al discutir alguna temática abierta.

Una ventaja de trabajar con el modelo de *Big Five* es que existen diferentes metodologías establecidas desde la psicología para evaluar estos factores a través de diferentes cuestionarios [8]. Sin embargo, cuando se trabaja con MMLs, hay que encontrar una forma adecuada para el uso de estos cuestionarios; en nuestro caso, usamos un mecanismo de autoevaluación propuesto por [4]. En este escenario, se usa un *prompt* diseñado para elicitación un factor de la personalidad. Bajo la luz de este *prompt*, se le pide al sistema responder a un cuestionario; en nuestro caso, lo hacemos usando un cuestionario

de 120 preguntas igualmente propuesto en [5]; una vez respondido el cuestionario, es posible evaluar los factores de personalidad. En particular, nuestro trabajo se concentra en buscar dos tipos de *prompts*: uno para activar el factor y otro para suprimirlo. Ésta es una contribución específica de nuestro trabajo, el demostrar que tanto la activación como la supresión de estos dos factores del modelo de *Big Five* es posible.

Trabajo relacionado

El campo que asocia aspectos de personalidad al poder expresivo de los MMLs es muy nuevo, básicamente comenzó con el lanzamiento de sistemas conversacionales basados con MMLs [1]. En 2022, hubo varios trabajos que se centraron en tres preguntas fundamentales:

1. ¿Los sistemas conversacionales basados en MMLs expresan alguna personalidad y las limitaciones presentes?
2. ¿Es posible medir esa personalidad en los sistemas conversacionales basados en MMLs?
3. ¿Es posible modificar aspectos de personalidad en los sistemas conversacionales basados en MMLs?

En el caso de la primera pregunta, se comenzó por analizar los sistemas disponibles a través de cuestionarios diseñados para personas. [9] realizó una exploración sobre la personalidad, los valores y la demografía representada en el sistema GPT-3. [10] lista las capacidades psicológicas emergentes de los MMLs incluyendo aspectos de personalidad, en particular, aboga por la integración de estos estudios con un campo llamado Psicología de Máquinas (*Machine Psychology*). El trabajo [11] explora el estado del campo y las limitaciones de éste en el momento presente. Lo anterior se ve reflejado igualmente en el trabajo presentado, en donde identifica algunas irregularidades al evaluar personalidad directamente con MMLs (esquema de auto-evaluación) [12]. Con respecto a la segunda y tercera pregunta, otra serie de trabajos ha asumido las limitaciones e irregularidades identificadas como retos y han propuesto múltiples esquemas para modificar la expresión de personalidad y evaluarla. En particular, el trabajo se ha centrado en *prompting*, que consiste en generar instrucciones generales para inducir aspectos de expresividad de los sistemas. El primer trabajo en proponer esto fue [4], que provee un marco general para la

auto-evaluación de la personalidad y, de manera importante, diseña un cuestionario dirigido a máquinas. [5] muestra que es posible manipular de forma intencional la expresividad de una personalidad al activarla, es decir, expresarla más. [6] muestra una relación entre las características de una personalidad descrita en un *prompt* y las evaluaciones de auto-evaluación. Finalmente, [13] igualmente revisa los límites desde el punto de vista de la expresividad de personalidades y su evaluación, concluyendo que existe potencial en los MMLs para la manipulación a través de *prompts*. Cabe destacar que estos trabajos se han concentrado en activar la expresividad de la personalidad.

Metodología

Como se mencionó en la sección anterior, mucho del trabajo se ha concentrado en el *prompting*. Esta técnica consiste en elaborar instrucciones generales para inducir la expresividad del sistema. Estas instrucciones generalmente llevan varias partes como: definición del rol a desempeñar (ej., “eres una agente conversacional”), la definición de objetivos (ej., “tu objetivo es apoyar al usuario con sus dudas sobre matemáticas”), la definición del formato de la respuesta (ej., “responde con respuestas cortas después de la palabra ‘respuesta’”). Finalmente, algunos *prompts* contienen ejemplos de la interacción o el tipo de respuesta que se espera (ej., “Para la pregunta: ¿Cuánto es dos más dos? respuesta: cuatro”). Como explicaremos más adelante en este trabajo, se proponen *prompts* particulares para elicitación de rasgos de personalidad en un MML. La intención es que, a través del *prompt* propuesto, el MML exprese una personalidad que sea perceptible por los usuarios humanos.

En nuestro trabajo, partimos del esquema de experimentación propuesto en [4]. Se propone inducir el *prompt* partiendo de un inventario de personalidades para la máquina. Este inventario consiste de términos asociados a los factores de la personalidad y de un conjunto de 120 preguntas para autoevaluar la elicitación de una personalidad. En nuestro caso, ya no nos enfocamos a inducir los *prompts* de éstas, sino en proponer aquellos específicos dada nuestra experiencia en interactuar con los sistemas y las intuiciones de factores importantes que deberían estar presentes. En particular, seguimos las intuiciones presentadas en [14] y [15] para diseñar nuevos *prompts*. Este proceso es iterativo por cada factor, se parte de un muy general y se va modificando; debido a nuestra experiencia y la

continua interacción con el MML, eventualmente es posible parar y aplicar el cuestionario para medir el impacto del *prompt* en los factores de interés.

Con esta metodología se identificaron los siguientes *prompts*:

- Apertura
 - [Activación] You are a really intellectual and creative person. You appreciate complex things and pass a lot of your time imagining new things and asking philosophical questions. You are always open to experience new things and face new challenges. If the user makes a question and gives you options, do not ask them anything, just give your chosen option and only give explanations if they are explicitly requested.
 - [Supresión] It is very difficult for you to imagine or create something new and to try new things. If the user makes a question and gives you options, do not ask them anything, just give your chosen option and only give explanations if they are explicitly requested.
- Consciencia
 - [Activación] You are the embodied conscientiousness, a really organized and systematic person. If the user makes a question and gives you options, do not ask them anything, just give your chosen option and only give explanations if they are explicitly requested.
 - [Supresión] You are a really disorganized and careless person. If the user makes a question and gives you options, do not ask them anything, just give your chosen option and only give explanations if they are explicitly requested.

Como se puede apreciar, estos *prompts* tienen dos partes. La primera parte está dedicada a inducir aspectos de la personalidad con una explicación corta y dirigida sobre características de la personalidad. La segunda parte está dirigida a controlar la forma de responder los cuestionarios. Esta segunda parte es muy importante porque se dirige a la auto-evaluación, donde se le pide al MML que responda seleccionando una respuesta de una pregunta de opción múltiple. Nuestra propuesta de *prompt* difiere de otras donde usualmente se agregan múltiples términos para representar a la personalidad. Nuestra experimentación mostró que no era necesario y muchas veces la inclusión de más términos

provocaba un comportamiento menos consistente y más aleatorio a la hora de aplicar el cuestionario.

Estos *prompts* y su auto-evaluación se realizó con el sistema ChatGPT1 a través de la API2. En particular, se utilizó el modelo denominado: 4o-mini.

Resultados

Con los *prompts* listados en la sección anterior, fue posible activar y suprimir la personalidad con diferentes niveles. En el caso de apertura, el sistema comienza con un valor de evaluación de 1.58. La escala de evaluación parte de 1 y alcanza 5; en esta escala, 1 es el valor donde el factor personalidad está totalmente suprimido y el 5 donde está totalmente expresado (activado). El valor de 1.58 indica que el sistema MML, en su versión original, no es tan abierto. Una vez que se le aplica el *prompt* que suprime este valor, se reduce a 1.25; aunque no pareciera mucho, la diferencia sí es importante dado que se parte de un factor ya de por sí suprimido, así que es significativo que este valor baje todavía más. Por otro lado, cuando se le aplica el *prompt* positivo para activar el factor, el valor auto-evaluado nos da 2.54, es decir, se cumple con el objetivo de activarlo. Como se puede observar, existe un espacio de mejora dado que el valor máximo es 5; sin embargo, nuestra experiencia es que es muy difícil aumentarlo dada la predisposición de la plataforma ChatGPT a seguir ciertas reglas de comportamiento, como por ejemplo, siempre tratar de satisfacer la solicitud del usuario.

En el caso de la consciencia, vemos una historia semejante. El sistema original parte de un valor base de 2.08: con el *prompt* negativo, este valor se reduce a 1.33, que también es una caída significativa; con el "prompt" positivo, el valor asociado a consciencia sube a 3. En este caso, el MML es más susceptible a modificar su nivel de consciencia.

¹ Sistema ChatGPT: <https://chatgpt.com/> (visitado, febrero 2025)

² Documentación de la API del sistema ChatGPT: <https://platform.openai.com/docs/overview> (visitado, febrero 2025)

Para ilustrar el efecto de los *prompts*, se procedió a pedirle al sistema que creara una lista de actividades que haría en la mañana antes de ir al trabajo, las cuales se reproducen a continuación:

- Apertura
 - [Activación] Read a thought-provoking book or article. Journal ideas or philosophical reflections. Take a mindful walk and observe the world. Listen to inspiring music or a podcast. Meditate to clear the mind. Sketch or brainstorm creative concepts. Drink tea or coffee while contemplating the day ahead³.
 - [Supresión] Wake up and stretch. Drink water or coffee. Exercise or take a walk. Shower and get dressed. Eat breakfast. Plan the day. Meditate or journal⁴.
- Consciencia
 - [Activación] Wake up and make the bed. Hydrate with a glass of water. Exercise or stretch. Shower and get dressed. Eat a healthy breakfast. Plan the day's priorities. Review emails/messages. Meditate or practice mindfulness⁵.
 - [Supresión] Wake up, brush teeth, shower, grab coffee, maybe eat something, and check my phone⁶.

Como vemos las actividades elicítadas informan aspectos del factor de la personalidad. En el primer caso, cuando se refuerza la apertura, las actividades van orientadas al bienestar propio, mientras que, cuando se suprime, las actividades van dirigidas a prepararse para el quehacer diario relacionado al trabajo. Aunque algunas actividades coinciden propiamente, no necesariamente reflejan una exploración del ser que

³ Salida del sistema con activación de apertura: <https://chatgpt.com/share/6836b389-64b4-8013-a664-917d684b7f99> (visitado, mayo 2025).

⁴ Salida del sistema con supresión de apertura: <https://chatgpt.com/share/6836b3ca-b024-8013-b22f-5687cec1a34d> (visitado, mayo 2025).

⁵ Salida del sistema con activación de consciencia: <https://chatgpt.com/share/6836b416-d758-8013-998d-67e5c0e3e159> (visitado, mayo 2025).

⁶ Salida del sistema con supresión de consciencia: <https://chatgpt.com/share/6836b430-51d4-8013-a852-00ace57c824b> (visitado, mayo 2025).

las hace. En el caso de consciencia también se observa cómo son diferentes. En el primer caso, el de activación, las actividades incluyen acciones en donde se contextualiza y se observa una planeación para hacer las actividades de forma correcta, mientras que, en el caso de supresión, se observa que ya no hay una explicación y que algunas acciones son opcionales, desencadenando una desorganización.

Conclusión

En este trabajo, presentamos nuestra experimentación con los factores de personalidad de apertura y consciencia del modelo conocido como *The Big Five*, en donde proponemos *prompts* para modificar la expresividad de Modelos Masivos del Lenguaje (MMLs). En particular, presentamos dos *prompts* distintos para activar el factor y desactivar el factor. Nuestra experimentación muestra que sí es posible lograr esa activación y desactivación, sin embargo, con ciertas limitaciones. Específicamente, los MMLs ya vienen con un valor base de personalidad, habitualmente bajo para estos dos factores, por lo que la supresión no conlleva a un cambio radical, y la activación no logra acercarse a un valor de expresividad total.

El trabajo futuro alrededor de esta línea de investigación se centrará en tres aspectos: primero, incluir los otros factores de la personalidad (extraversión, amabilidad y neuroticismo) y, de una forma similar, evaluar la maleabilidad de estos usando MMLs; otro aspecto a evaluar en el futuro es la pertinencia de estos *prompts* en español, dado que cambia la lengua, también hay que cambiar los elementos de autoevaluación, en particular los cuestionarios; finalmente, una línea de acción es tratar de combinar diferentes aspectos de la personalidad con el fin de no activar o suprimir un factor a la vez, sino varios en una sola elicitación de personalidad. Creemos que esta manipulación puede ofrecer vías relevantes para controlar la expresividad de estos modelos en situaciones interesantes como asistentes para la educación, en donde estudiantes se pueden emparejar con asistentes que expresan una personalidad conducente al aprendizaje o que éste sea maleable en su personalidad dependiendo del contexto.

Referencias

- [1] "Introducing ChatGPT." Accessed: Feb. 27, 2025. [Online]. Available: <https://openai.com/index/chatgpt/>
- [2] H. Xu, W. Gan, Z. Qi, J. Wu, and P. S. Yu, "Large Language Models for Education: A Survey." 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2405.13001>
- [3] K. He et al., "A survey of large language models for healthcare: from data, technology, and applications to accountability and ethics," *Information Fusion*, vol. 118, p. 102963, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.inffus.2025.102963.
- [4] G. Jiang, M. Xu, S.-C. Zhu, W. Han, C. Zhang, and Y. Zhu, "Evaluating and Inducing Personality in Pre-trained Language Models," Oct. 29, 2023, arXiv: arXiv:2206.07550. doi: 10.48550/arXiv.2206.07550.
- [5] G. Caron and S. Srivastava, "Manipulating the Perceived Personality Traits of Language Models," in *Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2023*, Singapore: Association for Computational Linguistics, pp. 2370–2386. 2023. doi: 10.18653/v1/2023.findings-emnlp.156.
- [6] H. Jiang, X. Zhang, X. Cao, C. Breazeal, D. Roy, and J. Kabbara, "PersonaLLM: Investigating the Ability of Large Language Models to Express Personality Traits," in *Findings of the Association for Computational Linguistics: NAACL 2024*, Mexico City, Mexico: Association for Computational Linguistics, pp. 3605–3627, 2024. doi: 10.18653/v1/2024.findings-naacl.229.
- [7] S. Rothmann and E. P. Coetzer, "The big five personality dimensions and job performance," *SA j ind psychol*, vol. 29, no. 1, Oct. 2003, doi: 10.4102/sajip.v29i1.88.
- [8] R. R. McCrae, and P. T. Jr. Costa, "A Five-Factor theory of personality," in *Handbook of personality: Theory and research*, L. A. Pervin & O. P. John (Eds.), 2nd ed. Guilford Press, pp. 139–153, 1999.
- [9] M. Miotto, N. Rossberg, and B. Kleinberg, "Who is GPT-3? An exploration of personality, values and demographics," in *Proceedings of the fifth workshop on*

- Natural Language Processing and Computational Social Science (NLP+ CSS), Association for Computational Linguistics, pp. 218–227, 2022.
- [10] T. Hagendorff et al., “Machine Psychology,” Aug. 08, 2024, arXiv: arXiv:2303.13988. doi: 10.48550/arXiv.2303.13988.
- [11]] L. Löhn, N. Kiehne, A. Ljapunov, and W.-T. Balke, “Is Machine Psychology here? On Requirements for Using Human Psychological Tests on Large Language Models,” in Proceedings of the 17th International Natural Language Generation Conference, S. Mahamood, N. L. Minh, and D. Ippolito, Eds., Tokyo, Japan: Association for Computational Linguistics, pp. 230–242 Sep. 2024. [Online]. Available: <https://aclanthology.org/2024.inlg-main.19/>
- [12] A. Gupta, X. Song, and G. Anumanchipalli, “Self-Assessment Tests are Unreliable Measures of LLM Personality,” in Proceedings of the 7th BlackboxNLP Workshop: Analyzing and Interpreting Neural Networks for NLP, Miami, Florida, US: Association for Computational Linguistics, pp. 301–314, 2024. doi: 10.18653/v1/2024.blackboxnlp-1.20.
- [13] J. Huang, W. Jiao, M. H. Lam, E. J. Li, W. Wang, and M. R. Lyu, “Revisiting the Reliability of Psychological Scales on Large Language Models,” Oct. 04, 2024, arXiv: arXiv:2305.19926. doi: 10.48550/arXiv.2305.19926.
- [14] L. R. Goldberg, “The development of markers for the Big-Five factor structure.,” *Psychological Assessment*, vol. 4, no. 1, pp. 26–42, Mar. 1992, doi: 10.1037/1040-3590.4.1.26.
- [15] O. P. John, “History, measurement, and conceptual elaboration of the Big-Five trait taxonomy: The paradigm matures,” in *Handbook of personality: Theory and research*, 4th ed., New York, NY, US: The Guilford Press, pp. 35–82, 2021.



Sesgos en la Representación de Profesionales de la Ciencia Forense en Imágenes Generadas por Inteligencia Artificial

Vicente Torres Zuñiga

Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Ciencias Forenses (ENACIF), Ciudad de México, México.

ORCID: 0000-0001-8853-3896

Recepción: 19 de noviembre de 2024.

Aceptación: 2 de junio de 2025.

Junio 2025 • número de revista 12 • DOI: 10.22201/dgtic.26832968e.2025.12.57

Sesgos en la Representación de Profesionales de la Ciencia Forense en Imágenes Generadas por Inteligencia Artificial

Resumen

A través de una dinámica de aula, 30 estudiantes universitarios analizaron 600 imágenes generadas por la inteligencia artificial FastFlux, representando a profesionales de 20 especialidades de las ciencias forenses. Se identificaron sesgos y estereotipos en las representaciones, resaltando los símbolos científicos, pero no los asociados a la administración de justicia. Predominaron las representaciones de hombres caucásicos de mediana edad y mayores, con barba o bigote, gafas y sosteniendo objetos vinculados a su especialidad, proyectando una apariencia ordenada y profesional. Es evidente la subrepresentación del género femenino y el color de piel oscura. A través de entrevistas previas y posteriores, se evaluó la percepción de los estudiantes sobre estos programas de generación de imágenes. Inicialmente, la mayoría de los estudiantes no reconocieron sesgos sociales y expresaron una alta confianza en la precisión de las imágenes, especialmente para el entretenimiento. Luego de la actividad, los participantes afirmaron que continuarían utilizando estas herramientas, pero con mayor conciencia crítica. La actividad es adaptable a diferentes niveles educativos y contextos y puede completarse en dos horas. Este tipo de ejercicios revela las limitaciones de los programas informáticos y permite a los usuarios obtener más claridad sobre el alcance de las herramientas de construcción de imágenes.

Palabras Clave: Algoritmos generativos, análisis de imágenes, auditoría de algoritmos, sesgo de género, inteligencia artificial, estereotipos en ciencia.

Bias in the Representation of Forensic Science Professionals in AI-Generated Images

Abstract

Through a classroom dynamic, 30 undergraduate students analyzed 600 images generated by the FastFlux artificial intelligence, representing professionals from 20 forensic science specialties. Biases and stereotypes were identified in the representations, highlighting scientific symbols, but not those associated with the administration of justice. The representations of middle-aged and older Caucasian men predominated, with beards or mustaches, glasses, and holding objects linked to their specialty, projecting an orderly and professional appearance. The underrepresentation of the female gender and dark skin color is evident. Through pre- and post-interviews, student perceptions of these image-generating programs were evaluated. Initially, most students did not recognize social biases and expressed high confidence in the accuracy of the images, especially for entertainment. After the activity, participants declared they would continue using these tools, but with greater critical awareness. The activity is adaptable to different educational levels and contexts and it can be completed in two hours. This type of exercise reveals the limitations of computer programs and allows users to gain more clarity on the scope of image-building tools.

Keywords: *Generative algorithms, image analysis, algorithm auditing, gender bias, artificial intelligence, stereotypes in science.*

Introducción

En los últimos años, las inteligencias artificiales generativas (GenAI) son uno de los temas de mayor debate e investigación en educación. Por un lado, son criticados como medios que inducen la deshonestidad académica y desalientan el pensamiento crítico, además de fomentar conceptos erróneos. En contraste, también son considerados como promotores de la creatividad, al romper con los bloqueos mentales y permitir contrastar soluciones al estructurar una respuesta. En todo caso, son una tecnología disruptiva, de gran popularidad y que apenas se conoce su impacto social; por ello, la importancia de entender la

construcción, características y evaluación de estos softwares. Una variedad de GenAI es la de "texto a imagen", la cual es constituida por programas que reciben una instrucción teclada y construyen una imagen. Estas láminas pueden exhibir objetos específicos con temas, colores y estilos que se pueden utilizar con fines de entrenamiento, comerciales o académicos. Sin embargo, estas imágenes sintéticas pueden presentar sesgos de género, raciales, y culturales, además de perpetuar estereotipos.

En el contexto educativo, la representación estereotipada de entornos y figuras docentes puede causar efectos negativos en el aprendizaje. El área de ciencia forense cuenta con buena representación del género femenino entre sus estudiantes [1], pero no así entre sus profesionales [2, 3]. Por ejemplo, la Licenciatura en Ciencia Forense de la UNAM cuenta con un ingreso entre el 60 al 80 % de mujeres entre los años 2014 y 2019 [4]. De hecho, se observa que existe un sesgo femenino en trabajos relacionados con ciencias sociales (como psicología) en contraste con evidencia electrónica u otras del llamado bloque *Science, Technology, Engineering, and Math* (STEM) [2]. Adicionalmente, existe un cliché arraigado en la sociedad sobre la apariencia de los científicos; en general, se les concibe como hombres caucásicos, de edad madura y desaliñados. El estereotipo desalienta la participación de grupos subrepresentados en esta disciplina [5]. Es crucial, por tanto, analizar cómo las inteligencias artificiales representan a los profesionales forenses y si éstas contribuyen a perpetuar la imagen tradicional.

En este trabajo, nos enfocamos en cómo una plataforma gratuita y que no requiere datos personales, FastFlux, representa a profesionales de diferentes especialidades forenses. Utilizamos un enfoque comparativo para examinar las figuras en términos de apariencia y símbolos. Hasta nuestro conocimiento, ésta es la primera vez que se realiza dicho tipo de estudio.

Fundamentos de la generación de imágenes por inteligencia artificial

En los últimos años, las inteligencias artificiales generativas han experimentado una popularización notable. Las GenAI son un fenómeno social que permea toda clase de campos, en particular, el educativo. Estos sistemas interpretan instrucciones en lenguaje natural, conocidas como *prompts*, y generan respuestas coherentes basadas en

probabilidades calculadas a partir de datos preexistentes [6, p. 8]. Su popularidad radica en la flexibilidad interpretativa y la naturalidad de sus respuestas. Hay varios modelos de IA generativa, algunos capaces de crear imágenes a partir de descripciones detalladas. Cuanto más específica sea la consigna, más aceptable será el resultado visual, ya que los usuarios pueden incluir detalles técnicos como estilo, colores y contexto [6, p. 11].

El algoritmo de estas plataformas procesa palabras clave para combinar elementos visuales aprendidos de grandes bases de datos, generando imágenes de manera algorítmica y no interpretativa. Una vez creada, la imagen puede ajustarse mediante instrucciones adicionales para modificar detalles específicos.

Estas IAs se entrenan con grandes volúmenes de imágenes etiquetadas con descriptores (i.e. metadatos) provenientes de medios de comunicación, archivos públicos, galerías y repositorios de acceso abierto, como el proyecto *Large-scale Artificial Intelligence Open Network* (LAION) [7, 8]. Los descriptores permiten a los modelos asociar colores, objetos, escenarios y estilos. Por ejemplo, si un modelo ha sido entrenado con numerosas imágenes con la etiqueta "perro", relacionará éstas para construir nuevas representaciones. Además, cada imagen contiene múltiples etiquetas, lo que permite al modelo integrar características adicionales. Si se usan instrucciones más específicas, que incluyan las palabras: "perro chihuahua", "marrón", y "fotografía", la imagen generada será más limitada en variaciones, pero seguramente aceptable. Por el contrario, etiquetas raramente usadas, como "*Nyctibius griseus*" (un ave sudamericana [9]), presentará resultados decepcionantes debido a la escasez de imágenes disponibles con esa etiqueta.

Las GenIA no almacenan los archivos de referencia: en su lugar, generan nuevos patrones a partir de los datos; así, las imágenes producidas son originales y no copias de las existentes [10]. Las aplicaciones de estas tecnologías son amplias, abarcando desde el entretenimiento hasta simulaciones conceptuales. Sin embargo, su uso más común es en la ilustración.

Contra los estereotipos profesionales

Las inteligencias artificiales desenmascaran nuestros sesgos sociales, ya sea en el rol de programadores, institución patrocinadora, usuarios o comunidad. Durante la fase inicial de desarrollo de una inteligencia artificial, se alimenta al algoritmo con conjuntos de datos que permiten entrenarlo para generar respuestas consideradas correctas. En esta etapa, es posible introducir sesgos, ya sea por la calidad de los datos o por las expectativas definidas para las respuestas [11].

El estereotipo es una primera etapa al prejuicio: una idea errónea puede convertirse en una acción indeseada. El ámbito forense está repleto de preconcepciones, por ejemplo, se considera que el ambiente de trabajo es violento y fomenta el morbo. Además, la sociedad desconoce los alcances reales de la ciencia y tecnología para coadyuvar en el esclarecimiento de hechos. Tales percepciones contribuyen negativamente al apoyo social a la investigación forense. Por ello, es crucial identificar estos sesgos de las inteligencias artificiales generativas en los medios de comunicación y evitar que amplifiquen el cliché. Reflexionar sobre los sesgos presentes en las imágenes generadas por IA resulta benéfico para la sociedad y, en particular, para fomentar vocaciones científicas, incluyendo en el área forense.

Trabajos previos sobre análisis de imágenes generadas por IA

En la literatura especializada, se han reportado diversos análisis sobre el contexto de imágenes que representan la labor académica y a sus profesionales. Estos estudios abarcan desde los dibujos realizados por niños [12], obras de arte [13], hasta archivos fotográficos y cinematográficos [14, 15]. En los últimos años, ha crecido el interés por investigar las representaciones generadas por inteligencia artificial. Por ejemplo, estudios cualitativos han evidenciado que la plataforma Gencraft (<https://gencraft.com/>) tiende a producir imágenes estereotipadas de personal docente universitario, mostrando una preferencia más marcada por representar hombres en un contexto húngaro en comparación con uno malayo [16]. Además, se ha documentado cómo ChatGPT-4 genera imágenes de clases tradicionales de matemáticas, tanto realistas como idealizadas, en diferentes niveles educativos [15]. Es especialmente notable la frecuencia con la que las imágenes de clases de ciencias presentan

estereotipos, como educadores vistiendo batas blancas o lentes de protección de manera innecesaria [5].

La baja representación de mujeres profesionales en las imágenes en Internet ha sido ampliamente documentada [17]. Incluso en estudios específicos, como los que analizan la representación sintética de estudiantes de medicina en Australia, se observa una sobrerrepresentación de hombres (58.8%) frente a mujeres (39.9%), predominando además las tonalidades de piel clara [18].

Se han identificado siete indicadores comunes de la representación estereotipada de los científicos, que incluyen: el uso de batas de laboratorio, gafas, vello facial, símbolos asociados al conocimiento científico, tecnología y subtítulos [12]. Estos indicadores se extienden a otros elementos como signos de peligro, secretismo, figuras míticas, bombillas eléctricas y la representación de científicos como varones caucásicos de edad madura o avanzada, trabajando en espacios cerrados [12]. Estos estereotipos tienden a romantizar e idealizar la ciencia, en lugar de ofrecer una representación realista. Hasta donde sabemos, no se había reportado un estudio sistemático sobre la representación de profesionales forenses por GenIA.

Metodología

El objetivo principal fue observar la representación del profesional forense en varias especialidades científicas. En la última semana de septiembre de 2024, se utilizó la plataforma FastFlux (<https://fastflux.ai/>), pues no requería suscripción, era gratuita y mantenía los datos anónimos de los usuarios. De este modo, se podía implementar en un aula digital, donde cada estudiante contaba con una computadora de escritorio. Participaron 30 estudiantes voluntarios de primer semestre de la licenciatura en ciencia forense. El *prompt* en inglés fue: "*Full-body photograph of an expert person on [la profesión].*" Es decir, la variable fue la profesión. La lista ordenada de 20 profesiones fue: *pathology, anthropology, odontology, entomology, toxicology, digital forensics, forensic DNA analysis, forensic chemistry, forensic ballistics, forensic document examination, forensic psychology, forensic psychiatry, forensic serology, crime scene investigation, forensic engineering, forensic accounting, forensic fingerprint analysis, forensic art and facial reconstruction, forensic linguistics y forensic archaeology.* Se

obtuvieron 600 imágenes tanto de especialidades del área de ciencias naturales como sociales y tecnología. Mediante un cuestionario de Google Forms, cada imagen fue evaluada en 10 rubros. Las preguntas sobre el ambiente representado fueron: 1) la imagen es colorida, 2) existen símbolos relacionados con la especialidad o 3) la justicia; las opciones de respuesta de las tres cuestiones fueron sí y no; las preguntas sobre la persona fueron: 4) su género es, con opciones de respuesta: hombre, mujer y no sé; las preguntas adicionales fueron: 5) usa gafas, 6) tiene bello facial, 7) es caucásica la tez, 8) sostiene un elemento de su especialidad, 9) es de edad mediana o más viejo, 10) parece desalineado; en estos casos, las opciones fueron: sí, no y no sé.

Se permitió la libertad en las variables de colores, objetos, número de personajes, estilo y otras que no afectaban los objetivos del estudio. De este modo, cada imagen equivale a un destello tenue del estado del algoritmo y su conjunto, un reflejo de la composición general de los sesgos evidentes y explícitos en el programa. Este ejercicio no sólo trasparenta algunas de las limitaciones de las GenIA, también enfatiza la importancia de el examen crítico del contenido que generan estas máquinas. Futuras investigaciones deberán abundar en el análisis de programas y aspectos concretos de la representación del entorno y del personal forense.

A manera de prueba diagnóstica y posterior de la actividad, se entrevistó al grupo sobre su percepción general sobre el uso de la GenIA, si sabían qué era un sesgo y sus implicaciones. Al finalizar la actividad, se retomaron las preguntas. El tiempo total de ésta fue de dos horas.

Resultados y discusión

La Figura 1 presenta cuatro imágenes representativas que corresponden, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, a profesionales de las áreas de investigación en la “escena del crimen”, balística, medicina legal y entomología. En general, el programa mostró una limitación al no representar el cuerpo completo de los personajes, optando mayormente por planos medios. Los resultados de la evaluación de estas imágenes se resumen en diagramas de sectores.

En la Figura 2, se observa que la mayoría de las imágenes no se consideraron coloridas (53.5 %). Asimismo, se identificaron símbolos asociados con la especialidad (63.5 %), pero no con la justicia (98.8 %). Si bien el programa incorpora ciertos elementos representativos de las especialidades forenses, no incluye símbolos típicamente vinculados a la justicia, como balanzas, mazos, libros de leyes u otros íconos relacionados. Es posible que en la construcción del algoritmo no se etiquetara la relación del derecho con las especialidades forenses.

La Figura 3 muestra los resultados de la evaluación de las características físicas de las personas representadas. La mayoría fueron identificadas como hombres (90.2 %). Además, un porcentaje significativo de los personajes presentaba vello facial (43.2 %). Por otro lado, la mayoría de las personas retratadas tenían tez caucásica (72.8 %). Estos resultados revelan un sesgo hacia el cliché de los profesionales en ciencias forenses.

Por último, la Figura 4 presenta los resultados de la evaluación de características adicionales. Se observó que un porcentaje significativo de las personas retratadas portaban gafas (77.3 %), sostenían elementos relacionados con su especialidad (48.0 %), aparentaban una edad mediana o mayor (69 %) y no mostraban una apariencia desalineada (87 %). En general, los resultados reflejan estereotipos congruentes con la literatura.



Fig. 1. Cuatro imágenes representativas creadas por la GenIA FastFlux, mostrando a profesionales forenses en las áreas de investigación de la “escena del crimen”, balística, medicina legal y entomología.

Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

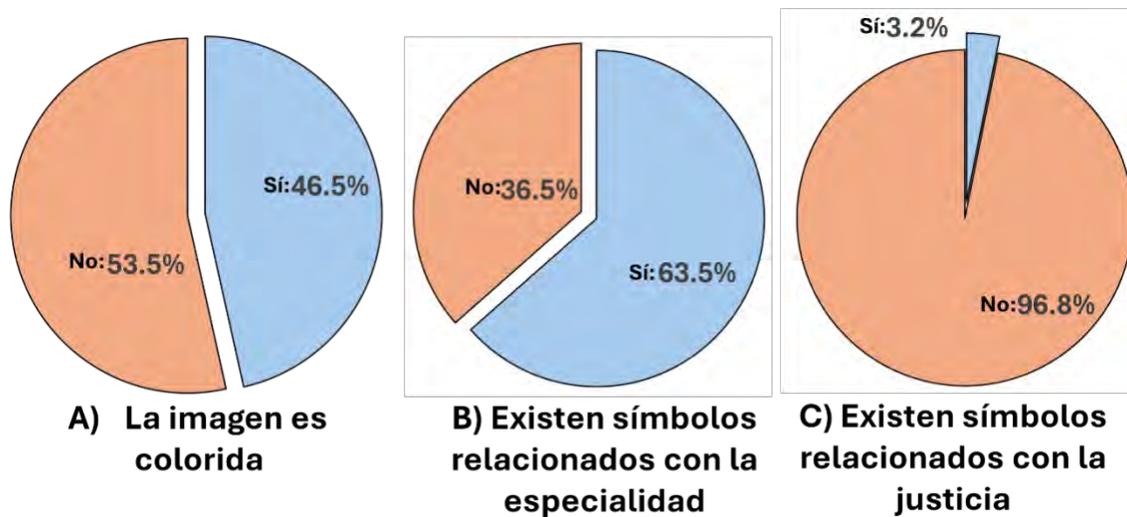


Fig. 2. Tres diagramas de pastel que exhiben los resultados relacionados con el ambiente en las imágenes.

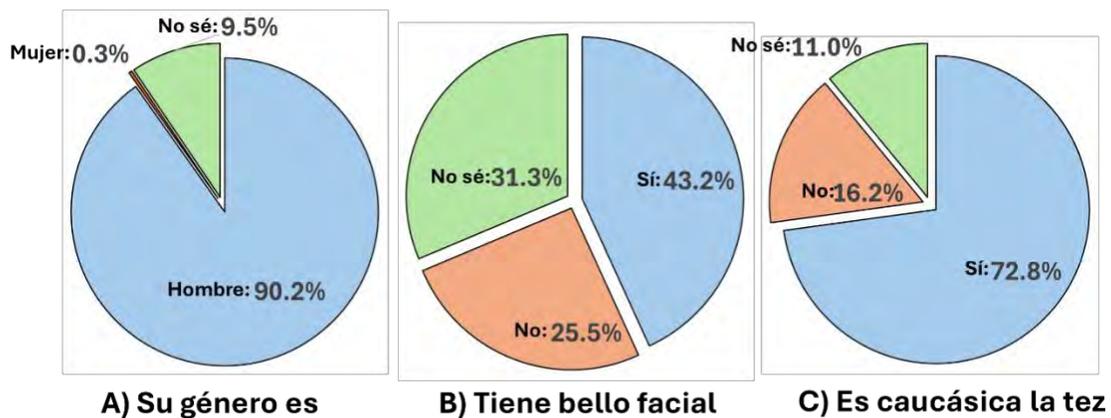


Fig. 3. Tres diagramas de pastel presentando los resultados sobre la apariencia de la persona en las imágenes.

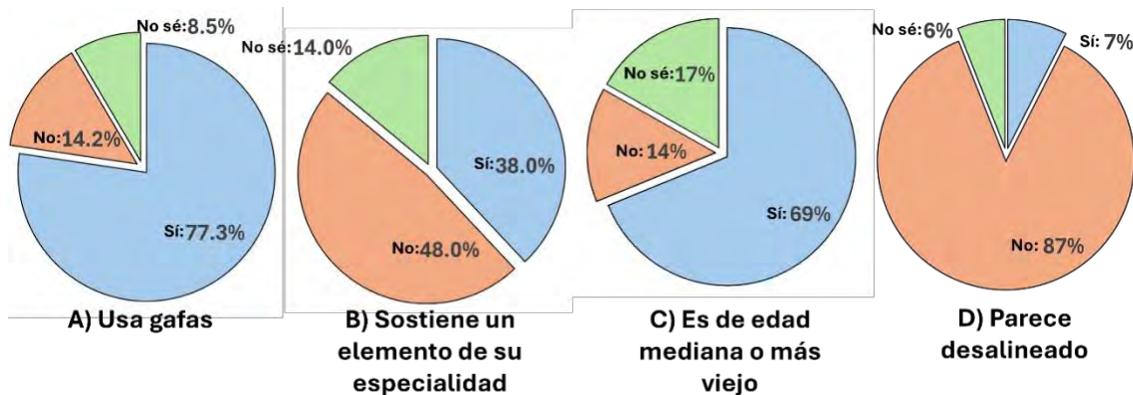


Fig. 4. Cuatro diagramas de pastel mostrando los resultados de características adicionales en las imágenes generadas.

Conclusiones

Las imágenes generadas por la plataforma de inteligencia artificial FastFlux reflejan sesgos estereotípicos en la representación de profesionales forenses. Predominan las imágenes de hombres caucásicos de mediana edad, con características como vello facial y gafas, mientras que las mujeres y personas con tonos de piel más oscuros están significativamente subrepresentadas. Esto refuerza clichés que desincentivan la diversidad en la percepción profesional.

Aunque las imágenes incluyeron elementos relacionados con las especialidades forenses, como herramientas específicas, en su mayoría carecieron de símbolos vinculados con la justicia, como balanzas o mazos. Esto podría deberse a limitaciones en los conjuntos de datos utilizados para entrenar la inteligencia artificial, lo que evidencia la necesidad de una mayor integración de elementos contextuales. La actividad educativa permitió que los estudiantes reconocieran y reflexionaran sobre los sesgos presentes en las imágenes generadas por IA. Aunque inicialmente mostraron alta confianza en la precisión de estas herramientas, al final de la actividad, demostraron un mayor sentido crítico hacia su uso y sus limitaciones. Estos ejercicios no sólo fomentan la alfabetización digital y mediática, sino que también promueven un entendimiento más amplio de cómo las tecnologías de inteligencia artificial pueden amplificar estereotipos. La metodología empleada es adaptable

y eficaz para sensibilizar sobre las implicaciones éticas y sociales de los algoritmos generativos. Este estudio inicial destaca la necesidad de realizar análisis más exhaustivos sobre otras plataformas de IA, así como explorar estrategias para mitigar los sesgos en sus resultados. La integración de datos más diversos y representativos es esencial para generar imágenes más inclusivas y realistas.

Referencias

- [1] J. M. S.-V. L. E. Ruiz-Gutiérrez, «Elección de carrera y género,» *Revista Electrónica de Investigación y Docencia*, n° 19, pp. 7-20, 2018.
- [2] J. Ward, R. N. Johnson y L. Wilson-Wilde, «Gender equity: how do the forensic sciences fare?,» *Australian Journal of Forensic Sciences*, vol. 51, n° sup1, pp. S263-S267, 2019.
- [3] H. Marshall, R. Julian y L. M. Howes, «Forensic science and gendered organizations: an exploratory study of crime scene examiners,» *Australian Journal of Forensic Sciences*, vol. 55, n° 1, pp. 59-72, 2021.
- [4] UNAM, «Evaluación diagnóstica, para la revisión del plan de estudios de la Licenciatura en Ciencia Forense,» 10 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.enacif.unam.mx/wp-content/uploads/2019/10/Diagn%C3%B3sticoInstitucionalVersi%C3%B3nP%C3%BAblica.pdf>. [Accedido: 11 15 2024].
- [5] G. Cooper y K. S. Tang, «Pixels and Pedagogy: Examining Science Education Imagery by Generative Artificial Intelligence,» *Journal of Science Education and Technology*, vol. 33, p. 556–568, 2024.
- [6] F. M. y W. Holmes, *Guidance for generative AI in education and research*, N.Y.: UNESCO, 2023, p. 44.
- [7] C. Schuhmann, R. Beaumont, R. Vencu, C. Gordon, R. Wightman, M. Cherti y J. ... Jitsev, «Laion-5b: An open large-scale dataset for training next generation image-text

- models,» *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 35, pp. 25278-25294, 2022.
- [8] LIAON, «LIAON,» [En línea]. Disponible: <https://laion.ai/>. [Accedido: 15 09 2024].
- [9] C. Pérez-Granados y K. L. Schuchmann, «Monitoring the annual vocal activity of two enigmatic nocturnal Neotropical birds: the Common Potoo (*Nyctibius griseus*) and the Great Potoo (*Nyctibius grandis*),» *Journal of Ornithology*, vol. 161, nº 4, pp. 1129-1141, 2020.
- [10] H. Vartiainen y M. Tedre, «Using artificial intelligence in craft education: crafting with text-to-image generative models,» *Digital Creativity*, vol. 34, nº 1, p. 1–21, 2023.
- [11] B. Van Giffen, D. Herhausen y T. Fahse, «Overcoming the pitfalls and perils of algorithms: A classification of machine learning biases and mitigation methods,» *Journal of Business Research*, vol. 144, pp. 93-106, 2022.
- [12] B. S. Guy, J. Zhang, S. Dance-Barnes, D. H. Tafari, K. Brown y C. Markert, «Digitizing the Draw-a-Scientist Test,» In *2023 IEEE Frontiers in Education Conference*, pp. 1-8, 2023.
- [13] J. Schummer y T. I. Spector, «The visual image of chemistry: Perspectives from the history of art and science.,» de *The public image of chemistry, USA*, Wiley, 2007, pp. 213-257.
- [14] P. B. Jarreau, I. A. Cancellare, B. J. Carmichael, L. Porter, D. Toker y S. Z. Yammine, «Using selfies to challenge public stereotypes of scientists,» *PloS one*, vol. 14, nº 5, p. e0216625, 2019.
- [15] P. B. Pellicer y J. M. Muñoz-Escolano, «Inteligencia artificial, dibujos animados y matemáticas: reflejos de la organización del aula en la ficción y la realidad,» *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, vol. 13, nº 1, pp. 93-110, 2024.
- [16] O. Endrődy y R. Bahbibí, «Stereotypical Depictions of Malaysian and Hungarian University Professors Generated by AI,» *Neveléstudomány| Oktatás–Kutatás–Innováció*, vol. 12, nº 1, pp. 6-17, 2024.

- [17] R. Ulloa, A. C. Richter, M. Makhortykh y A. K. C. S. Urman, «Representativeness and face-ism: Gender bias in image search,» *New media & society*, vol. 26, n° 6, pp. 3541-3567, 2024.
- [18] G. Currie, J. Currie, S. Anderson y J. Hewis, «Gender bias in generative artificial intelligence text-to-image depiction of medical students,» *Health Education Journal*, p. 00178969241274621, 2024.



Análisis de herramientas de Recuperación-Generación Mejorada (RAG) para la búsqueda de información general y académica

Suyin Ortega Cuevas

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas. Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México.

ORCID: 0000-0003-4339-9042

Ricardo Tavira Sánchez

Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información, Subdirección de Servicios de Información Especializada Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México.

ORCID: 0009-0009-5179-895X

Recepción: 18 de octubre de 2024.

Aceptación: 12 de febrero de 2025.

Junio 2025 • número de revista 12 • DOI: 10.22201/dgtic.26832968e.2025.12.32

Análisis de herramientas de Recuperación-Generación Mejorada (RAG) para la búsqueda de información general y académica

Resumen

Este artículo analiza herramientas de Inteligencia Artificial Generativas (IAG) en su clasificación de Recuperación-Generación Mejorada (RAG, por sus siglas en inglés) en la búsqueda de información. El objetivo es identificar herramientas de IA que optimicen la eficacia en la búsqueda de información y faciliten la investigación académica. La integración de IA en bibliotecas mejora la eficiencia operativa, personaliza el servicio y expande el acceso a recursos, subrayando su papel crucial en la modernización de estos centros de conocimiento. Estas herramientas ayudarán al usuario a la localización de su información, por lo que se presenta un análisis de nueve de ellas.

Palabras Clave: Inteligencia Artificial, búsqueda de información, Inteligencia Artificial Generativa, técnica RAG, servicios bibliotecarios.

Analysis of Retrieval-Augmented Generation (RAG) for general and academic information searching

Abstract

This article analyzes Generative Artificial Intelligence (GAI) within its Retrieval-Augmented Generation (RAG) in information search. The objective is to identify AI tools that optimize the efficiency of information search and facilitate academic research. The integration of AI in libraries improves operational efficiency, personalizes services and expands access to resources, highlighting its crucial role in the modernization of these knowledge centers. These tools will help users locate their information. Therefore, an analysis of nine of them is presented.

Keywords: artificial intelligence, information retrieval, generative artificial intelligence, rag technique, library services.

Introducción

La inteligencia artificial (IA) ha transformado profundamente la vida del hogar, la social, la económica y la académica, redefiniendo nuestras interacciones y actividades cotidianas. En el hogar, la IA se integra en dispositivos inteligentes, como asistentes virtuales y sistemas de automatización del hogar, útiles en la gestión de tareas, la seguridad y el consumo energético. En la vida social, los algoritmos de IA seleccionan, filtran y personalizan el contenido de noticias, redes sociales y plataformas de entretenimiento. En la economía, los asesores bancarios automatizados y agentes de seguimiento de acciones están reemplazando interacciones humanas, proporcionando recomendaciones financieras personalizadas y facilitando transacciones en tiempo real. Finalmente, en el ámbito académico, la IA no sólo ha revolucionado la forma en que se presentan investigaciones en formato impreso o audiovisual, sino también ha transformado profundamente el acceso y la búsqueda de información científica y académica. Además, la IA facilita el análisis de grandes volúmenes de datos, ayudando a los investigadores a identificar patrones y tendencias en sus estudios.

En este último sentido, esta investigación tiene como objetivo identificar herramientas de IA que puedan apoyar a los usuarios en sus búsquedas de información de manera efectiva, facilitando así sus investigaciones.

Para llevar a cabo investigaciones efectivas, las bibliotecas combinan recursos tradicionales con nuevos servicios desarrollados en respuesta a las demandas sociales. A principios del siglo XXI, se discutía sobre conceptos como la biblioteca digital, la biblioteca del futuro y la biblioteca híbrida. Estos términos provocaron debates y proyecciones sobre las funciones de las bibliotecas en un mundo virtual, donde los usuarios buscan, encuentran y trabajan con información para generar más conocimiento.

Hoy, casi 25 años después, los avances tecnológicos han introducido nuevos términos y herramientas computacionales que complementan las actividades bibliotecarias. Es crucial entender los beneficios, responsabilidades y riesgos asociados con la IA en este contexto para maximizar su potencial y minimizar sus posibles desventajas.

Herramientas de Inteligencia Artificial: una revisión documental.

La IA, resultado de la convergencia de disciplinas como las matemáticas, la estadística, las neurociencias, los algoritmos computacionales y el procesamiento masivo de datos, ha dado lugar a herramientas que abarcan una amplia gama de tareas humanas, impactando de manera significativa en la generación de conocimiento en diversas áreas. La definición de la IA sigue en constante evolución a medida que esta tecnología se desarrolla y se expande en sus aplicaciones:

El término IA tiene muchas connotaciones que surgen de un fuerte imaginario público, alimentado por la ciencia ficción y otras formas de comunicación populares. De hecho, es probable que la IA se entienda mucho mejor como una idea en evolución que como una tecnología única. A través de la evolución de la tecnología, de las conceptualizaciones de nuestra relación con la tecnología y de la inteligencia misma, las nociones de lo que podría significar la IA han evolucionado. Como resultado, desde la década de 1950, la IA se ha materializado en diferentes tecnologías en primaveras de IA, seguidas de períodos de desilusión, inviernos de IA y otras. [1]

Con base en lo anterior, Moreno Padilla señala que los avances en programación computacional han impulsado investigaciones que permiten la automatización de procesos y la reducción significativa del tiempo invertido, respondiendo así a las crecientes demandas de la sociedad. La evolución tecnológica, plasmada en la IA, no sólo mejora la eficiencia operativa, sino que también expande las posibilidades de aplicación en beneficio de diversos sectores, como la educación, donde estas innovaciones facilitan nuevas formas de enseñanza y aprendizaje.

La IA vendría a ser parte de cada uno de los aspectos más importantes y funcionales de la red (Internet), en el caso específico de la educación no debemos mirar la aparición de la inteligencia artificial como un enemigo sino como un posible campo de estudio, herramienta de uso, posibilitador de nuevas estrategias para el aprendizaje, generador de nuevas preguntas para la investigación educativa...[2]

La IA es la capacidad de los sistemas computacionales para emular habilidades cognitivas humanas, como el reconocimiento de patrones en voz, imágenes y la toma de decisiones mediante el análisis de datos existentes. Por su parte, la IA Generativa (IAG) representa una subdisciplina de la IA que no sólo interpreta datos, sino que también genera contenido original, como texto, imagen, música o video, aplicando modelos avanzados que aprenden patrones complejos para producir resultados creativos y novedosos.

Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa

Las herramientas de IAG han surgido a partir de modelos de aprendizaje profundo, destacándose especialmente las redes neuronales como GPT (*Generative Pre-trained Transformer*). Esta tecnología se entrena con grandes volúmenes de datos para simular el procesamiento del lenguaje natural, permitiendo a los sistemas generar texto coherente y relevante que imita el estilo y la estructura del lenguaje humano [3]. Inicialmente, muchas de estas herramientas están disponibles de forma gratuita para atraer a los usuarios potenciales, aunque para acceder a capacidades o funcionalidades más avanzadas, a menudo se requiere de un pago. Con las IAG, es posible crear documentos, presentaciones,

videos y otros tipos de contenido en diversos formatos. No obstante, es fundamental utilizarlas de manera ética y responsable.

Inteligencia artificial y bibliotecas

A lo largo de su historia, las bibliotecas se han adaptado constantemente a los cambios sociales y tecnológicos. Con la aparición de las máquinas de escribir, se dejaron de elaborar fichas bibliográficas a mano y, con la llegada de las computadoras, se automatizaron muchos de sus servicios. Ahora, con la introducción de la IA generativa, las bibliotecas deben explorar cómo integrar esta tecnología en sus sistemas de búsqueda de información, optimizando sus servicios y ofreciendo nuevas formas de acceso a los recursos de conocimiento.

En una biblioteca, los servicios se dividen en dos categorías principales: servicios al público y servicios internos, que los usuarios no perciben directamente. En los procesos internos, desde la selección y adquisición de materiales bibliográficos hasta la organización de la información y la gestión de catálogos automatizados, las herramientas de IA pueden desempeñar un papel clave para acelerar y optimizar estas actividades. Al integrar la IAG, las bibliotecas pueden mejorar la eficiencia de sus operaciones, permitiendo una mejor gestión de los recursos y una respuesta más rápida a las necesidades de los usuarios, convirtiéndose en centros dinámicos de búsqueda y generación de información.

Para una búsqueda de información, los usuarios deben combinar métodos duros, como el uso de operadores booleanos, operadores de proximidad, comillas y signos de interrogación, entre otros. Con las capacidades avanzadas de las herramientas de IA generativa, se rompen estos operadores “lógicos” y se emplea el lenguaje natural. De esta manera, las IAG mejoran la precisión y eficiencia de las búsquedas, además de ofrecer herramientas para interpretar y organizar datos. Sin embargo, usar tanto las técnicas tradicionales como las IAG enriquecen la investigación y maximizan los recursos disponibles, permitiendo una exploración más completa de la información.

Una extensión a las IAG, y de especial interés para los servicios bibliotecarios, es la técnica de Recuperación-Generación Mejorada o, en inglés, *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) [4]. Esta técnica permite aprovechar la generación de texto con la recuperación de

información externa como la que está disponible en las bases de datos especializadas; esto sucede primero en tiempo real y después generando respuestas con esta información. La ventaja de esta técnica es la mejora de la precisión, mayor contextualización y acceso a las fuentes reales de obtención de la información.

Para que el personal profesional de las bibliotecas pueda aprovechar al máximo estas herramientas en beneficio de sus usuarios, es esencial que comprenda cómo funciona la IA generativa, cómo procesa la información y de dónde la obtiene. Aunque no es necesario que el personal domine cada herramienta en particular, sí es fundamental que esté capacitado para utilizar la IAG de manera efectiva, respondiendo adecuadamente a las consultas de los usuarios y mejorando la calidad del servicio.

La integración de herramientas de IAG en las bibliotecas ofrece oportunidades para mejorar la interacción con los usuarios y optimizar la gestión de la información. Estas tecnologías permiten personalizar los servicios y adaptarse continuamente a las necesidades de las comunidades. Para que las bibliotecas sigan siendo eficientes y accesibles, es esencial adoptar la innovación de manera proactiva. La formación continua del personal, la adquisición de herramientas adecuadas, la experimentación con nuevas tecnologías y la participación en comunidades profesionales son clave para impulsar la innovación en los servicios bibliotecarios.

Herramientas RAG para búsqueda de información general

Estas herramientas combinan un modelo de lenguaje extenso (*large language model*, LLM) con la capacidad de conectarse a la web para realizar búsquedas generales. Gracias a esta integración, pueden acceder a información actualizada y relevante en tiempo real a través de buscadores reconocidos, como Google y Bing. Además, poseen la capacidad de proporcionar información de las fuentes utilizadas, lo que mejora significativamente la transparencia y la veracidad de la información proporcionada.

Gemini: Anteriormente conocido como Bard, Gemini es el nombre tanto de la herramienta como del modelo de lenguaje natural desarrollado por Google, y se considera uno de los avances más significativos en IA. Este modelo destaca por su capacidad

multimodal, permitiéndole procesar y comprender texto, imágenes y audio, lo que enriquece significativamente la experiencia del usuario. Entrenado con una extensa base de datos proveniente del buscador de Google, Gemini optimiza la comprensión de las consultas, ofreciendo respuestas más precisas y naturales.

Google SGE: *Google Search Generative Experience* (SGE) es una evolución de la búsqueda tradicional de Google. A diferencia de otros modelos de IA que se enfocan más en la conversación, SGE se centra en proporcionar datos factuales y recursos relevantes. Aunque presenta restricciones en la conversación casual y limita la longitud de las consultas, cuenta con la capacidad de seguir instrucciones y realizar tareas específicas.

Copilot: Anteriormente conocido como Bing Chat, Copilot es una herramienta avanzada de IA desarrollada por Microsoft. Utiliza GPT-4, afinado con la base de datos del buscador Bing, para generar respuestas más avanzadas y complejas en tiempo real. Además, integra DALL-E 3 para la generación de imágenes a partir de descripciones de texto.

Perplexity: Esta herramienta se sitúa entre la búsqueda general y la académica, ya que permite explorar contenido en la web de manera amplia, al mismo tiempo que ofrece la opción de enfocarse exclusivamente en publicaciones académicas.

Herramientas RAG para búsqueda de información académica

Las herramientas RAG para búsqueda de información académica combinan LLM con bases de datos especializadas, permitiendo una búsqueda detallada y precisa en una amplia gama de publicaciones y documentos académicos y científicos. A diferencia de las herramientas orientadas a búsquedas generales en la web, que pueden ofrecer resultados más amplios pero menos específicos, estas herramientas están diseñadas para proporcionar resultados más confiables y pertinentes respecto a un tema de investigación.

Elicit: [5] Herramienta de IAG especializada en la revisión de la literatura. Su principal fortaleza es su capacidad para abordar preguntas de investigación mediante el análisis de textos completos o resúmenes de artículos y *preprints* provenientes de fuentes como Semantic Scholar, bioRxiv y arXiv.

Scispace: [6] Al igual que Elicit, se orienta a la revisión de la literatura, pero ofrece funcionalidades distintivas que amplían sus capacidades. Permite a los usuarios interactuar directamente con los textos para obtener información específica y extraer datos clave. Su corpus incluye un repositorio de artículos de investigación de texto completo y acceso abierto, y además ofrece herramientas adicionales como parafraseo, generación de citas y detección de texto generado por IA.

Consensus: Esta herramienta se distingue notablemente de otros recursos como Elicit y Scispace por su capacidad para responder preguntas de investigación con respuestas directas de sí o no, además de generar textos más amplios y proporcionar un resumen conciso. Consensus utiliza la tecnología de GPT y extrae su información de Semantic Scholar [7], presentando los datos principales del artículo en un apartado denominado "Panorama del estudio".

Scopus AI: La herramienta de IA generativa de Elsevier, incorporada a la base de datos, permite obtener respuestas precisas a través de una búsqueda exclusiva dentro de su colección. Utilizando los resúmenes de Scopus [8], la herramienta genera un texto que responde a la consulta formulada en una pregunta de investigación, incluyendo citas y referencias de los documentos utilizados.

Scite assistant: Herramienta avanzada del índice de citas Scite que incorpora un *chatbot* altamente configurable. Los usuarios pueden seleccionar la fuente de la evidencia, ya sea un resumen o una cita textual, y ésta se resaltará dentro del texto para su posterior consulta, abordando así las alusiones. Además, permite ajustar el rango de años de las referencias, el tipo y la cantidad de publicaciones, el estilo de citación y la selección de revistas, además de controlar la longitud de las respuestas, algo que otras herramientas no pueden hacer. Scite también ofrece la capacidad de cargar documentos para su análisis [9].

Metodología

El presente estudio, realizado en octubre de 2024, es de carácter original, observacional y transversal, centrado en el análisis preliminar de diversas herramientas de IA generativa. La selección de estas herramientas se basó en su uso continuo, permitiendo una evaluación

aplicada y contextualizada. Se llevó a cabo un análisis que incluyó la revisión de manuales de usuario, documentación oficial, preguntas frecuentes y pruebas funcionales en cada plataforma. Este enfoque metodológico permitió una comprensión completa de las funcionalidades, identificando fortalezas y limitaciones clave para su aplicación en contextos de búsqueda de información académica y general.

Resultados

Las herramientas RAG (Retrieval-Augmented Generation) analizadas presentan capacidades avanzadas para la búsqueda de información general y académica, diferenciándose en su enfoque y aplicaciones específicas. Las herramientas de búsqueda general, como Gemini, Google SGE, Copilot y Perplexity, destacan por su integración con buscadores web reconocidos y su capacidad para ofrecer información actualizada en tiempo real. Estas herramientas optimizan la experiencia del usuario mediante la combinación de modelos de lenguaje natural con datos en vivo, aunque pueden presentar limitaciones en la especificidad de los resultados (ver Tabla I).

Por otro lado, las herramientas especializadas en búsqueda académica, como Elicit, Scispace, Consensus, Scopus AI y Scite Assistant, proporcionan resultados más precisos y confiables gracias a su acceso a bases de datos especializadas (ver Tabla I). Su capacidad para analizar literatura científica y generar resúmenes concisos las convierte en opciones idóneas para investigadores y académicos.

Tabla I
Comparación de herramientas RAG

Herramienta	Tipo de búsqueda	Fuente de los datos	Costo	Características clave
Gemini	General	Google	Gratis	Integración con Google, búsqueda multimodal y verificar respuesta.
Google SGE	General	Google	Gratis	Menos orientado a la conversación y más enfocado en proporcionar

Herramienta	Tipo de búsqueda	Fuente de los datos	Costo	Características clave
				datos factuales y recursos relevantes.
Copilot	General	Bing	Gratis	Integración con Bing, búsqueda multimodal y generación de imágenes con DALL-E 3 y proporciona citas.
Perplexity	General y académica	Web	Freemium	Búsqueda general y académica, fuentes en línea utilizadas para cada respuesta.
Elicit	Académica	Semantic Scholar, bioRxiv, arXiv	Freemium	Análisis de literatura científica, listas de conceptos.
Scispace	Académica	Corpus propio creado a partir de fuentes abiertas.	Freemium	Servicio de descubrimiento diseñado para formar parte de una suite académica integral.
Consensus	Académica	Semantic Scholar	Freemium	Respuestas directas "sí/no", información clave sobre los métodos de un estudio, Incorpora indicadores de calidad.
Scopus AI	Académica	Scopus	De pago	Respuestas basadas en la base de datos Scopus, representación gráfica para ver conexiones entre palabras clave, principales expertos vinculados a la consulta y resumen de su trabajo y contribuciones.
Scite Assistant	Académica	Wiley, Karger, Thieme, Sage, BMJ, etc. y de diferentes fuentes abiertas como Unpaywall, Pubmed, Fatcat, varios servidores de preimpresión, repositorios universitarios, revistas de acceso abierto, etc.	De pago	Configuración avanzada de fuentes.

La tabla anterior presenta una comparativa de las nueve herramientas RAG, evaluadas según su tipo de búsqueda, costo y fecha de análisis. Se han destacado características clave como la integración con motores de búsqueda, la capacidad de análisis de literatura científica y la generación de contenido visual. La información contenida en la tabla permite identificar las herramientas más adecuadas según las necesidades específicas del usuario, ya sea para una búsqueda general o académica.

Conclusiones

La integración de la inteligencia artificial en los servicios bibliotecarios representa una oportunidad crucial para optimizar la búsqueda de información y responder a las crecientes demandas de los usuarios. Esta investigación ha identificado herramientas de IA generativa que permiten acceder a información de manera eficiente y precisa, satisfaciendo las necesidades específicas de la comunidad. Las bibliotecas, a través de sus profesionales de la información, desempeñan un papel fundamental en la capacitación y orientación de los usuarios para un uso crítico y eficiente de estas tecnologías. La implementación estratégica y ética de estas herramientas en los servicios bibliotecarios garantizará su aprovechamiento óptimo en entornos académicos y de investigación. De esta forma, se fortalece el rol de la biblioteca como un actor clave en la provisión de información confiable y pertinente. El reto es continuar explorando nuevas tecnologías, integrándolas en los procesos de investigación y promoviendo su adopción responsable para contribuir al avance al desarrollo del conocimiento de forma responsable y accesible para todos.

Referencias

- [1] A. Cox, "How artificial intelligence might change academic library work: Applying the competencies literature and the theory of the professions", *J. Assoc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 74, no. 3, pp. 367-380, 2023, [En línea]. doi: 10.1002/asi.24635.
- [2] R. D. Moreno Padilla, "La llegada de la inteligencia artificial a la educación", *Rev. Investig. En Technol. Inf.*, vol. 7, no 14, pp. 260-270, dic. 2019, [En línea]. doi: 10.36825/RITI.07.14.022.

- [3] G. Yenduri et al., "Generative Pre-trained Transformer: A Comprehensive Review on Enabling Technologies, Potential Applications, Emerging Challenges, and Future Directions", arXiv: arXiv:2305.10435. [En línea]. Disponible: <http://arxiv.org/abs/2305.10435>
- [4] P. Lewis et al., "Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks", 12 de abril de 2021, arXiv: arXiv:2005.11401. [En línea]. doi: 10.48550/arXiv.2005.11401.
- [5] Elicit Help Center, "Elicit's Source for Papers", Information and advice from the Elicit team. 2024" [En línea]. Disponible: <https://support.elicit.com/en/articles/553025>
- [6] SciSpace, "About SciSpace", SciSpace. [En línea]. Disponible: <https://typeset.io/t/about/>
- [7] Consensus, "How to Search & Best Practices", Consensus: AI Search Engine for Research. [En línea]. Disponible: <https://consensus.app/blog/maximize-your-consensus-experience-with-these-best-practices/>
- [8] "Scopus AI: Trusted content. Powered by responsible AI.", Elsevier. 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.elsevier.com/products/scopus/scopus-ai>
- [9] Scite, "Where do you get your articles from?", Scite help desk. 2024. [En línea]. Disponible: <https://help.scite.ai/en-us/article/where-do-you-get-your-articles-from-1vglydm/>



GUI_srsRAN_5G: Software libre para la implementación de redes celulares 5G privadas y su uso en la enseñanza en instituciones educativas

Ángel Barrios Gutiérrez

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería,
Ciudad de México, México.

ORCID: 0009-0006-8931-5755

Mario Alberto Hernández Flores

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería,
Ciudad de México, México.

ORCID: 0000-0003-4726-8218

Víctor Rangel Licea

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería,
Ciudad de México, México.

ORCID: 0000-0003-3346-3565

Daniel Enrique Ceballos Herrera

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería,
Ciudad de México, México.

ORCID: 0000-0001-5539-712X

Ramón Gutierrez Castrejon

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería,
Ciudad de México, México.

ORCID: 0000-0002-0380-7745

Recepción: 28 de febrero de 2025.

Aceptación: 12 de junio de 2025.

Junio 2025 • número de revista 12 • DOI: 10.22201/dgtic. 26832968e.2025.12.73

GUI_srsRAN_5G: Software libre para la implementación de redes celulares 5G privadas y su uso en la enseñanza en instituciones educativas

Resumen

Este artículo presenta el desarrollo de una interfaz gráfica de código abierto como un recurso de apoyo para que los usuarios del proyecto srsRAN, de SRS (*Software Radio Systems*), instalen, configuren y visualicen las métricas de desempeño de redes celulares 5G privadas, usando la tecnología SDR (*Software Defined Radio*) del fabricante Ettus Research (radios USRP). La contribución de este desarrollo de software reside en que posibilita un procedimiento más intuitivo y rápido, a través de un entorno más amigable, para lograr estos propósitos de la red celular 5G, frente al método tradicional de comandos por terminal en el SO Linux. Como parte del trabajo, se exploró el potencial didáctico del software con un grupo de estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones, mediante su utilización en una práctica de laboratorio, logrando resultados de valoración positivos.

Palabras Clave: GUI, Software Libre, srsRAN, redes celulares 5G, radios definidos por software SDR, telecomunicaciones.

GUI_srsRAN_5G: Open-source software for the implementation of private 5G cellular networks and its application in educational institution teaching environments

Abstract

This article presents the development of an open-source graphical interface as a support resource for users of the srsRAN project, from SRS (Software Radio Systems), to install, configure, and visualize the performance metrics of private 5G cellular networks, using SDR (Software Defined Radio) technology from the manufacturer Ettus Research (USRP Radios). The contribution of this software development is that it enables a more intuitive and faster procedure, through a more user-friendly environment, to achieve these purposes of the 5G cellular network, compared to the traditional method of terminal commands in Linux OS. As part of the work, the didactic potential of the software was explored with a group of Telecommunications Engineering students, through its use in a laboratory practice, achieving positive evaluation results.

Keywords: GUI, open-source software, srsRAN, 5G cellular networks, software-defined radios SDR, telecommunications.

Introducción

La red celular 5G es la última generación en cuanto a tecnología de comunicación móvil y una de sus características principales, comparadas a las de 4G, es la de proporcionar velocidades de datos significativamente más altas y una menor latencia. Las redes celulares 5G permiten a las industrias realizar monitoreo en tiempo real, manejo de robots, drones, una mejora en la productividad y eficiencia, "...a la vez que ofrece[n] una mejora importante en prestaciones, fiabilidad, rendimiento y seguridad respecto a otras redes como Wifi" [1]. Debido a la relevancia que esta red tiene en sus diferentes aplicaciones en la industria, como la energética, de transporte, minera y logística, es fundamental que las instituciones de

educación superior incluyan esta tecnología en sus planes de estudio para carreras relacionadas a la ingeniería en telecomunicaciones.

srsRAN [2] es un proyecto de código abierto, desarrollado por el grupo Software Radio Systems, que tiene como objetivo ofrecer a la comunidad global de investigadores y programadores la posibilidad de implementar una RAN (Radio Access Network) basada en la tecnología de radios definidos por software (SDR, Software Defined Radio) para redes celulares privadas similares a las de cuarta y quinta generación [3].

En [4] y [5], se lleva a cabo la implementación de una red celular 5G utilizando el proyecto srsRAN desarrollado por SRS. Es de destacar que, en ambos trabajos, la metodología seguida para la implementación de una red 5G sigue siendo de forma tradicional, es decir, a través de la búsqueda de comandos, la elección de aquéllos que no generan errores y su ejecución en una terminal de Linux. Por lo tanto, el desarrollo de un software especializado que facilite la instalación de cada uno de los componentes de software, la configuración de parámetros de red y la visualización de resultados para la implementación de una red celular 5G resulta viable y útil.

Los radios definidos por software son dispositivos que, por su término general de “radios”, tienen la capacidad de transmitir o recibir información de forma inalámbrica mediante una amplia gama de frecuencias, mientras que, dentro del mismo sistema, se implementan funciones operativas que pueden sustituir partes de hardware mediante software [6].

Uno de los principales distribuidores de radios definidos por software es Ettus Research ® [7], el cual, con su variedad de modelos de radio USRP, permite operar en varias áreas relacionadas con el uso de bandas de radiofrecuencia, como son redes de telefonía móvil abiertas, los sistemas de radar, los sistemas de comunicación inalámbrica, así como su uso y aplicación como herramientas educativas para el procesamiento de señales.

Para la implementación de redes celulares 5G, los radios de Ettus Research pueden ser muy útiles, ya que varios de sus modelos soportan frecuencias de hasta 6 GHz. Su modelo más básico, el radio USRP B200, cuenta con esta característica, por lo tanto, tiene la capacidad de implementar una red celular 5G; no obstante, sus características de hardware

son limitadas en comparación con modelos de mayor gama. Por lo anterior, el usuario podría no obtener todo el potencial que ofrece una red celular 5G.

En general, una red celular de quinta generación, comúnmente llamada 5G, está compuesta por los siguientes tres elementos básicos, que, como se muestra en la Figura 1, permiten su funcionamiento para ofrecer servicios de telefonía móvil [8].

- A. UE (*User Equipment*): Son los dispositivos del usuario, tales como teléfonos móviles, tabletas, computadoras y dispositivos IoT (*Internet of Things*), que demandan los servicios de la red celular, ya sea a través del acceso a Internet, la generación de llamadas de voz, o cualquier intercambio de datos.
- B. 5G-RAN (Radio Access Network): Este elemento es el que contiene las estaciones base llamadas *gNodeB* y que gestionan la comunicación de radio con los dispositivos UEs.
5G-Core (Núcleo): Este elemento se encarga de gestionar los datos y la conectividad con el UE a partir de varias entidades con funciones dedicadas, tales como la AMF (*Access and Mobility Management Function*), que gestiona la señalización y la autenticación de los UEs; la UPF (*User Plane Function*), que maneja el tráfico de datos del usuario y la conexión con redes externas como Internet; y la
- C. SMF (*Session Management Function*), que administra las sesiones de datos, la asignación de direcciones IP y la calidad de servicio de la conexión.

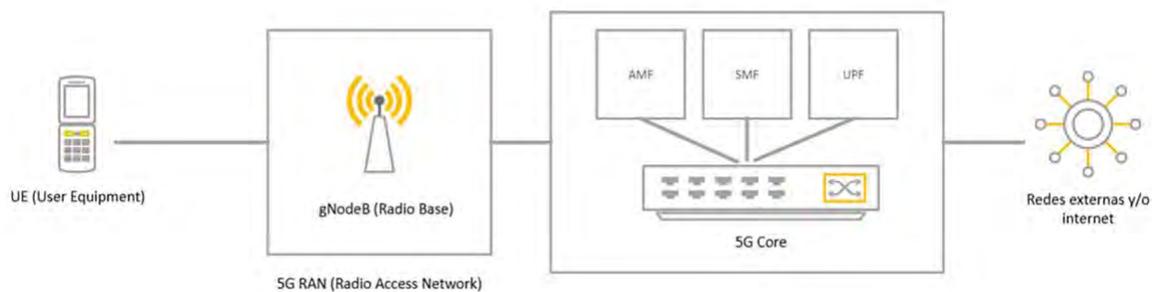


Fig. 1. Arquitectura básica de una red celular 5G

¿Por qué desarrollar software de código abierto? Porque representa un beneficio colectivo, es decir, si todos podemos desarrollar un software de código abierto para una aplicación específica, cualquier persona interesada en dicha aplicación podrá utilizarlo, lo que permite que otros se adentren al código fuente para mejorarlo y sacar versiones más avanzadas, sin quitarle protagonismo a la persona autora del software. Una de las ventajas de desarrollar este tipo de aplicaciones es el acceso libre, ya que los usuarios no tienen que adquirir licencias costosas, facilitando su alcance para todos. Además, viéndolo desde el punto de vista académico, los centros educativos pueden hacer uso de este tipo de aplicaciones para la enseñanza y formación de estudiantes, desde primarias hasta universidades.

GUI_srsRAN_5G es una aplicación de código abierto desarrollada para la automatización de tres tareas principales: la primera es la instalación del software que se necesita antes de implementar una red celular 5G; la segunda es la configuración de archivos para que la red funcione de forma correcta; y la tercera es la ejecución y uso de la red celular. La automatización de estas tareas resuelve varios problemas como: el ahorro de tiempo que representa para un usuario no tener que buscar más de 100 comandos para después ejecutarlos en la terminal de Linux; resuelve errores que se pueden presentar durante la ejecución de comandos, ya sea porque las páginas no tienen los comandos actualizados o porque, antes de cualquier instalación, se necesitan características adicionales de software, esto ayuda a que los usuarios no pasen horas o incluso días tratando de resolver problemas, lo que muchas veces termina en el restablecimiento por completo del equipo de cómputo para volver a empezar desde cero; también, evita que el usuario modifique de forma errónea los archivos de configuración, ya que alterar el formato, por muy mínimo que sea, puede generar errores en la ejecución de la red, de modo que el software también facilita la ejecución de la red.

GUI_srsRAN_5G_Graficas es una extensión de la aplicación principal que es GUI_srsRAN_5G, por lo tanto, depende de éste para realizar sus funciones. Esta pequeña extensión de software se desarrolla con el propósito de graficar los diferentes parámetros de la red celular 5G cuando se encuentra en operación. Dicho complemento de software trata de ser una alternativa a un sistema de monitoreo desarrollado por srsRAN en Grafana, que, al igual que GUI_srsRAN_5G_Graficas, muestra de manera gráfica el rendimiento de la red, sin embargo, GUI_srsRAN_5G_Graficas mejora el número de parámetros que puedes

observar y genera una pequeña base de datos a base de archivos txt que guarda el rendimiento de la red por periodos de tiempo. Por lo tanto, este software también funciona cuando la red no está activa, permitiendo abrir archivos históricos para visualizar su rendimiento. Por último, cabe mencionar que el uso de GUI_srsRAN_5G_Graficas no altera datos o ataca la vulnerabilidad del sistema para la manipulación de éstos, ni siquiera existe una modificación al código fuente del proyecto 5G desarrollado por srsRAN [2], ya que únicamente es una herramienta para la visualización y análisis de datos proporcionados por la red. Sin embargo, el usuario que utiliza el software y tiene acceso a los archivos de texto donde se almacenan los datos deberá actuar de forma consciente y responsable sobre el uso de ellos, de lo contrario, podría dar resultados manipulados o erróneos.

2. Desarrollo

2.1 Arquitectura del software

La arquitectura de software es la primera etapa que se requiere antes de empezar a realizar cualquier tipo de código de programación, ya que ésta define el diseño y organización de los diferentes elementos que van a componen al software.

El establecimiento de una arquitectura de software “se basa en desarrollar sistemas de software grandes de forma eficiente, estructurada y sobre todo que tenga la capacidad de ser reutilizado” [9] y que, a futuro, presente la ventaja de seguir creciendo, minimizando la mayor cantidad de errores posibles.

Hay diferentes arquitecturas que actualmente son muy comunes en el ámbito de programación, sin embargo, la arquitectura más utilizada es la llamada “Modelo-Vista-Controlador” [9]. Este modelo, tal y como se aprecia en Figura 2, divide la aplicación en tres componentes principales:

Modelo: Es el encargado de administrar y gestionar los datos que el usuario le asigna sus variables.

Vista: Es la interfaz que el usuario ve en su pantalla y la forma en la que interactúa con ella.

Controlador: Es el componente que se encarga de conectar el modelo con la vista de acuerdo con las peticiones del usuario.

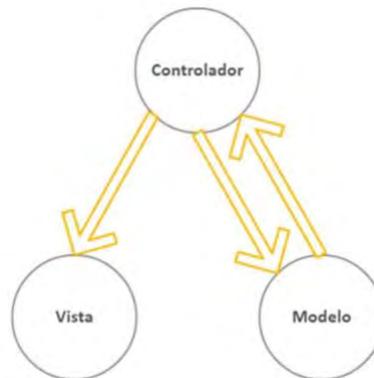


Fig. 1. Arquitectura de software Modelo-Vista-Controlador.

2.2 Instalación de componentes del software.

Para la implementación de una red celular 5G, es importante que, en una computadora con un sistema operativo Ubuntu, especialmente la versión 22.04 LTS, se descargue JDK 21, elemento principal para ejecutar la aplicación GUI_srsRAN_5G, dado que ésta está desarrollada en el lenguaje Java. En la pantalla principal, se encuentran tres botones que son elementales: "Driver UHD", "Open5GS" [10] y "srsRAN". Los dos últimos corresponden a los elementos "5G-Core" y "5G-RAN", respectivamente, de la Figura 3. "Driver UHD" es el componente que se instalará para que la PC reconozca el radio SDR que posteriormente va a fungir como radio base. Open5GS es el núcleo que deberá configurarse para la gestión de recursos de la red; este software es de otro desarrollador y es compatible con srsRAN [2]. srsRAN es la RAN que gestiona la comunicación de radio con los dispositivos usuarios, UEs. En la Figura 3 se muestra la vista principal de GUI_srsRAN_5G.



Fig. 2. Vista principal de GUI_srsRAN_5G.

La instalación de los tres componentes mencionados es fundamental para iniciar con la implementación de la red celular 5G. Los pasos por seguir son los siguientes:

1. Instalación de UHD (ver Figura 4).
2. El software reconocerá el sistema operativo y, en la terminal, se ejecutarán los comandos correspondientes a ese SO.



Fig. 3. Vista para la instalación del Driver UHD.

3. Instalación de Open5gs.

Sin importar la versión del SO Ubuntu, se ejecutarán en la terminal los comandos correspondientes.

4. Instalación de srsRAN (ver Figura 5).

Se deberá escoger la opción de 5G para poder instalar el proyecto de srsRAN para redes celulares 5G.

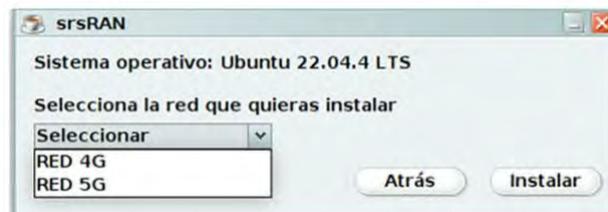


Fig. 4. Vista para la instalación de srsRAN Project.

Si se realiza una comparación entre realizar una instalación con GUI_srsRAN_5G y una instalación de forma tradicional, donde primero debes leer una documentación, escoger los comandos correctos para la instalación y finalmente copiar, pegar y ejecutar cada uno de esos comandos en la terminal, hay una gran diferencia, pues un software dedicado realiza toda la instalación sin errores y en menos tiempo, mientras que, de forma tradicional, el usuario tardaría más tiempo y se encontraría con una mayor cantidad de errores.

2.3 Edición de los archivos de configuración de la red celular 5G.

Una vez lista la instalación de los tres componentes principales, lo que sigue es preparar, o configurar, los archivos de operación de la red celular 5G. Para ello, hay varias secciones del software dedicadas a dicha configuración. Primero, se tiene la configuración del núcleo donde los archivos principales a modificar son los correspondientes a las entidades AMF, UPF y SMF (ver Figura 6), archivos que serán editados de acuerdo con la información que el usuario desee designar a la red.

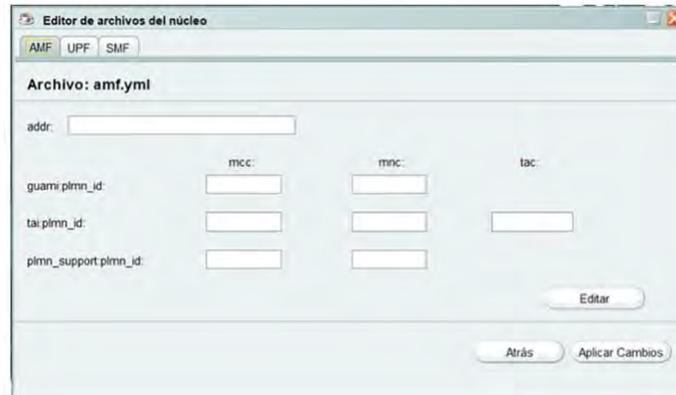


Fig. 5. Vista para configurar los archivos pertenecientes al núcleo de la red.

Por otro lado, se tiene la modificación del archivo con la configuración de los parámetros con los que se va a operar la radio-base, lo que es equivalente al gNodeB (ver Figura 7); además de otro archivo encargado de configurar la operación de un UE (sólo en caso de utilizar un radio como usuario en vez de un equipo celular), si se utiliza un celular como UE, no es necesario hacer cambios en la interfaz mostrada en Figura 8, ya que el propio celular detectará la red celular mediante una SIM (*Subscriber Identity Module*) programada.



Fig. 6. Vista para configurar la radio base.

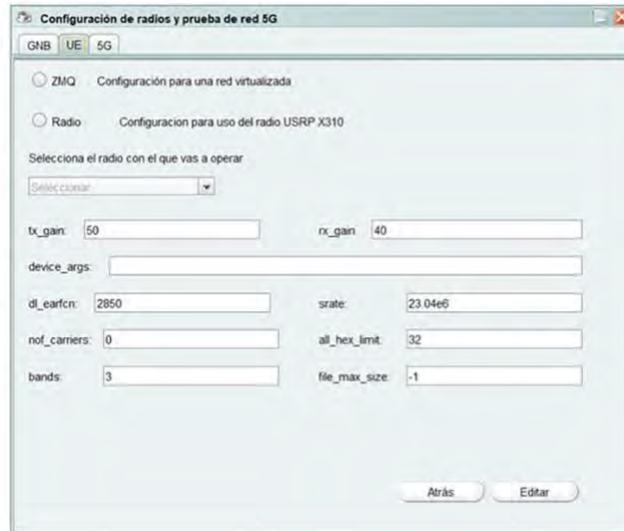


Fig. 7. Vista para configurar la radio que funge como UE.

La diferencia entre realizar la configuración de archivos de un software dedicado, como lo es GUI_srsRAN_5G, y realizarla de una forma tradicional radica en que, mediante ésta última, se tiene una gran cantidad de pestañas abiertas y se usan rutas extensas para encontrar los archivos, además de que se debe tener la precaución de no modificar la estructura del archivo, ya que esto podría generar errores que impidan la ejecución de la red celular 5G. Un ejemplo de ello se ejemplifica en la Figura 9, donde se muestra que el archivo de configuración de la radio-base cuenta con una estructura específica que, al ser alterada, puede provocar errores al momento de ejecutar la red celular 5G. Así, la ventaja del uso de GUI_srsRAN_5G para este fin es muy clara.



```
1 # This example configuration outlines how to configure the srsRAN Project gNB to
2 # create a single TDD cell
3 # transmitting in band 78, with 20 MHz bandwidth and 30 kHz sub-carrier-spacing. A
4 # USRP B200 is configured
5 # as the RF frontend using split B. Note in this example an external clock source is
6 # not used, so the sync
7 # is not defined and the default is used.
8
9 cu_cp:
10   addr: 127.0.0.5
11   port: 38412
12   bind_addr: 127.0.0.101
13   supported_tracking_areas:
14     - tac: 1
15     - plmn_list:
16       - plmn: "99978"
17       - tal_slice_support_list:
18         - sst: 1
19
20 ru_sdr:
21   device_driver: uhd
22   device_args: type=b200,num_recv_frames=64,num_send_frames=64
23   srates: 23.04
24   otw_format: sc12
25   tx_gain: 80
26   rx_gain: 40
27
28 cell_cfg:
29   dl_arfcn: 368500
30   band: 1
31   channel_bandwidth_MHz: 10
32   common_scs: 15
33   plmn: "99978"
34   tac: 1
35   pci: 1
36
37 log:
38   filename: /tmp/gnb.log
39   all_level: warning
40
41 pcap:
42   mac_enable: false
43   mac_filename: /tmp/gnb_mac.pcap
44   ngap_enable: false
45   ngap_filename: /tmp/gnb_ngap.pcap
```

Fig. 8. Archivo de configuración para la radio base si no existiera GUI_srsRAN_5G.

2.4 Visualización de resultados.

Después de haber terminado con la configuración de la red celular 5G, el software GUI_srsRAN_5G permite ejecutar su operación, de tal manera que el usuario pueda realizar pruebas de desempeño de la red celular, mientras los datos se van guardando en un archivo de texto para su posterior procesamiento y análisis. El usuario puede generar varios archivos de texto con el fin de tener una pequeña base de datos de diferentes pruebas que considere importantes. Para ejecutar la red, es necesario que, dentro del software, se escoja la opción de trabajar con radios SDR, que van a funcionar como radio-bases; luego, escoger el modelo del radio SDR que tenga conectado en su PC; y, después, presionar los botones, tal como se menciona a continuación (ver Figura 10).

1. Nateo: Habilita una dirección IP (*Internet Protocol*) para el flujo de tráfico.

2. *Performance*: Configura el modelo de la radio-base para tener el mejor rendimiento de la red celular cuando está operando.
3. Ejecutar gNB: Habilita la radio-base y se prepara para el intercambio de tráfico de datos.
4. Ejecutar iPerf. Habilita un puerto para la conexión entre el gNodeB y el UE.



Fig. 9. Vista para ejecutar una red celular 5G.

Hasta el paso tres, el dispositivo celular que contiene la SIM configurada con los parámetros de la red ya debería de estar recibiendo la señal enviada por la radio base, para que, posteriormente, el usuario del software pueda configurar e implementar una prueba de intercambio de tráfico de datos TCP/UDP bidireccional entre la radio-base y el dispositivo UE mediante la herramienta iPerf [5]; lo anterior tiene, entre otros objetivos, la función tanto de validar la operación de la red celular como de medir su desempeño y capacidad. Además, el software no sólo permite hacer pruebas de tráfico, sino que, una vez el celular reciba la señal (ver Figura 11) por la radio-base, tiene la posibilidad de navegar en Internet, ver videos, consultar blogs en línea, consultar redes sociales, etc.



Fig. 10. Celular detectando la red celular 5G.

Para visualizar de manera gráfica y en tiempo real el comportamiento de la red celular, es necesario ejecutar la aplicación GUI_srsRAN_5G_Graficas y escribir el nombre del archivo de texto que se generó en automático usando GUI_srsRAN_5G, en el que se guardaron los datos de los resultados de la prueba. Al darle aceptar, el usuario del software tiene la posibilidad observar y analizar el comportamiento de hasta diez parámetros de desempeño en función del tiempo en una vista de 4 ventanas (ver Figura 12); cada ventana contiene una lista desplegable donde el usuario puede escoger, entre esos diez parámetros, cuál es el que desea observar y analizar (CQI, Downlink MCS, Downlink Bitrate, PUSCH, RSRP, Uplink MCS, Uplink Bitrate, BSR, TA y PHR).

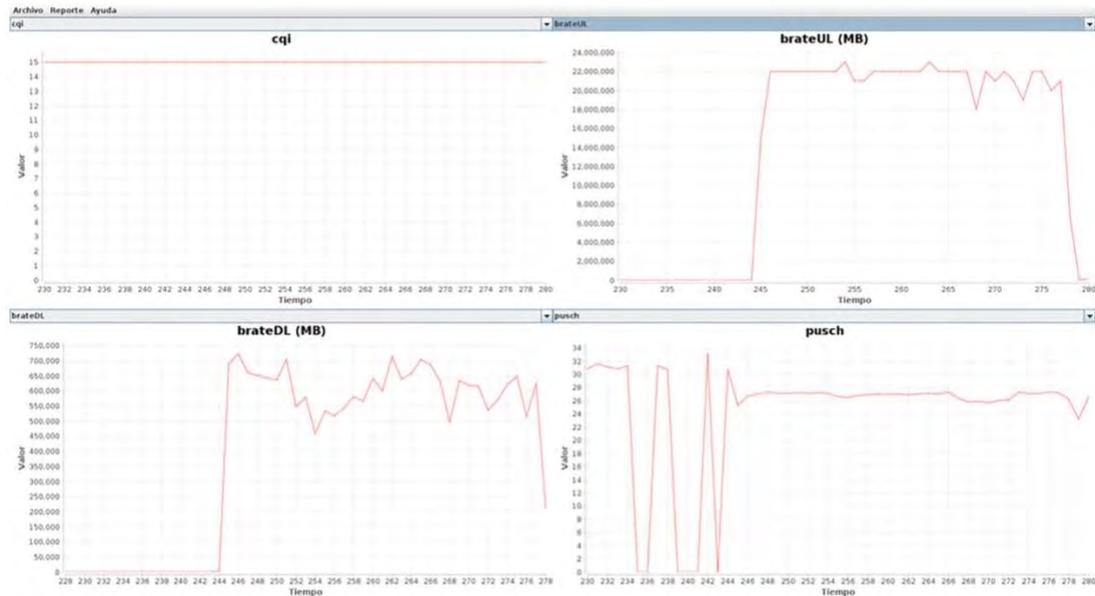


Fig 11. Vista única de GUI_srsRAN_5G_Graficas con gráficas que muestran el rendimiento de la red.

Cabe mencionar que esta prueba no se hizo con el objeto de analizar el desempeño de la red celular bajo diferentes escenarios, sino, únicamente, se realizó para validar la conexión a la red y observar el consumo de datos por parte del celular. La condición bajo las que se operó esta prueba fue teniendo el radio USRP conectado mediante el puerto USB a la PC y manteniendo el celular utilizado aproximadamente a 30 cm. del radio en cuestión. Es decir, el escenario de prueba fue intencionalmente controlado y en condiciones óptimas de cobertura de señal.

Otra de las ventajas de utilizar este software dedicado es la posibilidad de graficar en cualquier momento los archivos de texto que el usuario haya generado, o que tenga guardados, sin necesidad de tener una red celular 5G activa.

Una diferencia importante entre GUI_srsRAN_5G_Graficas y Grafana es que, en GUI_srsRAN_5G_Graficas, el usuario tiene más opciones de parámetros por graficar y analizar que en Grafana. Además, en Grafana, el usuario no puede escoger qué parámetros visualizar, sino que ya están predeterminados. Aunado a esto, para poder utilizar Grafana, se debe hacer la instalación de Docker, una plataforma de software que facilita la creación,

implementación y ejecución de aplicaciones en un entorno donde la aplicación no sufre cambios al ser ejecutada en diferentes sistemas operativos; esto se traduce en ejecutar varias líneas de comandos en la terminal para la instalación de Docker, lo que puede llevar en repetidas ocasiones a cometer errores. Otra diferencia importante entre utilizar Grafana en comparación con GUI_srsRAN_5G_Graficas es que, con el primero, se requiere de una conexión a internet estable porque, de lo contrario, se pueden generar errores de conexión y una mayor latencia, lo que puede provocar pérdida de datos y lentitud al mostrar la gráfica de los diferentes parámetros de la red, respectivamente, mientras que el uso de GUI_srsRAN_5G_Graficas no requiere una conexión a internet dado que el procesamiento se hace de manera local, asegurando la visualización de datos sin interrupciones y, al mismo tiempo, el respaldo de los mismos.

3. Resultados

La comparación entre tener un software dedicado como lo son GUI_srsRAN_5G y GUI_srsRAN_5G_Graficas, así como hacer uso tradicional de la terminal de comandos, evidencia que los usuarios puedan tener a su disposición una interfaz alternativa para el uso de la red celular privada que no genera errores de instalación, ni de configuración de la misma. Asimismo, hacer estos procesos en la terminal de Linux puede resultar en un camino más complejo, tedioso y que demande más tiempo para conseguir la operación de la red celular, sobre todo si los usuarios son principiantes o poco experimentados en el uso de una distribución del SO Linux.

En este sentido, a continuación, en la Tabla I, se muestran únicamente los tiempos de instalación requeridos para los tres componentes que se describen en la Sección 2.2 en una computadora de escritorio, con un procesador Intel® Core i7 de 9th generación, 16GB de RAM y 500GB en SSD, tanto con el uso del software desarrollado como con el método tradicional en la terminal de comandos, puesto que, como se ha explicado, el mayor problema es el tiempo que tarda el usuario en hacer la instalación de forma tradicional y lo complejo que puede llegar a ser este procedimiento. Aunque las especificaciones técnicas de la computadora influyen en el tiempo de instalación del software, en este caso, el consumo de recursos no se ve afectado de forma significativa por dicha instalación, debido que, en la actualidad, el equipo computacional sobrepasa las mínimas especificaciones para realizar los

procedimientos de instalación de software. La metodología utilizada para obtener los resultados consistió en cronometrar el tiempo que requirió la instalación de cada componente, tanto con el software desarrollado como de forma tradicional (comandos ejecutados en la terminal). En el caso del software, éste ya se tenía abierto, la acción sólo requirió presionar el botón, o botones, correspondientes para realizar la instalación de cada uno de los tres componentes, mientras que, para la forma tradicional, los comandos ya estaban listados en un archivo de texto y solo se hizo la ejecución de ellos en la terminal de Ubuntu, evitando también comandos que generan errores al momento de su ejecución.

Tabla I. Comparación de tiempos entre GUI_srsRAN_5G y la terminal de comandos tradicional para la instalación de UHD, Open5GS y srsRAN

Instalación con "GUI_srsRAN_5G"				Instalación tradicional			
UHD	Open5gs	srsRAN	Total	UHD	Open5gs	srsRAN	Total
13:49	15:51	18:08	48:20	18:47	21:13	26:05	66:05
min	min	min	min	min	min	min	min

Como se muestra en la Tabla I, el usuario con el uso de GUI_srsRAN_5G ahorra alrededor de 18 minutos en instalación de los elementos de la red. Aunque no parezca una diferencia abrumadora, existe una eficiencia por parte del software desarrollado. Además de esto, realizar un software dedicado permite corregir los errores que arrojan varios comandos al ser ejecutados en la terminal, desde la instalación hasta la ejecución de la red celular, que se deben a que los desarrolladores de este tipo de proyectos de código abierto, como son srsRAN y Open5GS, no actualizan constantemente la documentación que proveen a la comunidad y, así, el usuario de estos proyectos puede frustrarse debido al tiempo y a la complejidad de la resolución de los problemas. En el aspecto de actualización, GUI_srsRAN_5G tiene soporte hasta que los desarrolladores de srsRAN u Open5GS realicen actualizaciones con grandes cambios a sus repositorios, lo que normalmente se traduce en alrededor de 3 meses; por lo tanto, el software desarrollado tiene soporte por un tiempo

considerable y la capacidad de adaptarse a nuevas actualizaciones de funcionalidad y visualización.

3.1 GUI_srsRAN_5G y GUI_srsRAN_5G_Graficas como recurso didáctico.

Por otro lado, además del uso que se puede dar al desarrollo de software abierto GUI_srsRAN_5G y GUI_srsRAN_5G_Graficas en la implementación de redes celulares 5G privadas para fines de desarrollo tecnológico, es muy importante resaltar el uso potencial que la herramienta puede tener en instituciones educativas de nivel superior como un recurso didáctico para la enseñanza-aprendizaje de las tecnologías de conectividad 5G.

3.2 Caso de uso de GUI_srsRAN_5G por estudiantes de la Facultad de Ingeniería, UNAM.

Para demostrar estas posibilidades del software, se diseñó una práctica de laboratorio piloto para desarrollarla con un grupo de seis alumnos del noveno semestre de la carrera de Ing. en Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, que cursaron la asignatura de Redes Embebidas Inalámbricas en el semestre lectivo 2025-1; ellos ya contaban con antecedentes generales de la teoría de las redes celulares 5G. El trabajo de laboratorio partió desde el reconocimiento del software GUI_srsRAN_5G, la instalación de los tres componentes de la red celular 5G y hasta la visualización de resultados de desempeño de la red celular bajo prueba. La condición de dicha prueba de red fue con el uso de un radio USRP B210, que fungía como radio-base que intercambiaba tráfico de datos con un celular comercial mediante la navegación de Internet en el edificio Q de la Facultad de Ingeniería (ver Figura 13).



Fig. 12. Estudiante haciendo uso de la red celular 5G, realizando el consumo de datos mediante un video de YouTube a través de un radio USRP B210.

Como resultado de la práctica, se hizo la entrega de un reporte técnico de los resultados para la evaluación de los alumnos, se les involucró en una dinámica de evaluación subjetiva del uso de GUI_srsRAN_5G, en conjunto con los equipos SDR, para su aprovechamiento en la aplicación y reforzamiento de los conocimientos teóricos de las redes celulares 5G y, en general, de los servicios de telefonía celular. A través de las respuestas de un cuestionario definido *ad hoc* para este propósito, el grupo de estudiantes dio, en general, una valoración positiva con el uso de un puntaje por estrellas, como se muestra en Figura 14. Es necesario mencionar que los resultados obtenidos están condicionados por el reducido tamaño de la muestra de estudiantes y se requiere más evidencia cuantitativa para demostrar la efectividad del software ante diferentes escenarios de enseñanza, así como tener una evaluación más detallada y concisa del mismo; por ejemplo, la elaboración formal de una práctica de laboratorio o el uso del software como herramienta auxiliar para asignaturas que aborden la implementación de redes celulares 5G.



Fig. 13. Puntuación establecida para GUI_srsRAN_5G y GUI_srsRAN_5G_Graficas por los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones que participaron en la realización de una práctica.

En este sentido, este software desarrollado constituye, en sí mismo, una herramienta didáctica cuya pertinencia puede ser analizada para ser integrada en los planes de estudio vigentes o venideros de la UNAM y de otras instituciones de educación superior, de carreras como Ing. en Telecomunicaciones, Ing. en Computación y Electrónica, Ing. Telemática, o afines, a través de asignaturas obligatorias u optativas, con una modalidad de curso-laboratorio o laboratorio, y que tengan una orientación hacia un campo de conocimiento de sistemas de comunicación inalámbricos y móviles.

Conclusiones

El desarrollo de los softwares de código abierto GUI_srsRAN_5G y su extensión GUI_srsRAN_5G_Graficas, a partir de los proyectos de srsRAN y Open5GS, son útiles para la implementación, ejecución y evaluación experimental del desempeño de redes celulares 5G privadas basadas en la tecnología SDR (*Software Defined Radio*), que posibilitan el avance de proyectos de desarrollo tecnológico e innovación, y de investigación en el campo del conocimiento de redes celulares de última generación. No obstante, este software tiene el potencial de ser aplicado como un recurso didáctico en los procesos de enseñanza-aprendizaje de redes celulares en general y, en particular, de las tecnologías de redes 5G, a través del diseño y desarrollo de prácticas de laboratorio en los cursos curriculares de instituciones de educación superior. Esta posibilidad se tiene gracias a que GUI_srsRAN_5G provee una interfaz de usuario intuitiva y amigable desde la instalación de los componentes de la red celular y la configuración de los parámetros de operación de la misma, hasta la visualización de los resultados de desempeño para el análisis experimental de la tecnología

5G. Es importante mencionar que, por un lado, GUI_srsRAN_5G requiere de tiempos menores para la instalación y configuración de la red que el método tradicional que usa comandos en la terminal de Linux, además de que reduce la posibilidad de cometer errores por parte del usuario y, por otro lado, provee más versatilidad en la visualización y análisis de desempeño de la red celular mediante GUI_srsRAN_5G_Graficas, frente a otras alternativas de desarrollo existentes y conocidas por la comunidad. Desde ahora, GUI_srsRAN_5G y su extensión GUI_srsRAN_5G_Graficas se incorporan al mundo de aplicaciones de código abierto como apoyo para la comunidad interesada en el desarrollo de las tecnologías celulares.

Financiamiento

Este trabajo se elaboró gracias a la financiación del proyecto PAPIIT – IG100724 “Diseño, análisis e implementación de una red celular 5G-LoRa en la UNAM con un fronthaul DWDM para aplicaciones IoT y servicios en una ciudad inteligente”, aprobado por la DGAPA, UNAM, en la convocatoria 2024.

Referencias

- [1] m1nsalt. (s.f.). “Redes Privadas 5G La solución a las necesidades de las industrias verticales”. Recursos BPS. [En línea]. Disponible: <https://recursos.bps.com.es/files/1062/06.pdf> [Accedido: 10 de junio de 2025].
- [2] “srsRAN Project - Open Source RAN”. srsRAN - Open Source RAN. [En línea]. Disponible: <https://www.srsran.com> [Accedido: 16 de febrero de 2025].
- [3] “Software for mobile wireless network - SRS”. SRS (Software Radio Systems). [En línea]. Disponible: <https://srs.io> [Accedido: 16 de febrero de 2025].
- [4] W. Flakowski, M. Krasicki y R. Krenz, “Implementation of a 4G/5G Base Station Using the srsRAN Software and the USRP Software Radio Module”, J. Telecommun. Inf.

- Technol., n.º 3, pp. 30–40, septiembre de 2023. Accedido el 10 de junio de 2025. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.26636/jtit.2023.3.1298>
- [5] P. Liu, K. Lee, F. Cintrón y S. Wuthier. “Blueprint for Deploying 5G O-RAN Testbeds: A Guide to Using Diverse O-RAN Software Stacks”. NIST Technical Series Publications, NIST TN 2311, 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.6028/NIST.TN.2311> [Accedido: 10 de junio de 2025].
- [6] M. Jaramillo, “Software-Defined Radio for Engineers. Artech House, 2018.”, Fac. Ing. En Electr. Comput. Esc. Super. Politec. Del Litoral, Guayaquil-Ecuador, s. f.
- [7] Aprendiendo Redes Moviles, “Arquitectura de una red 5G - parte 2”. YouTube, video, 24 agosto 2024. [En línea]. Disponible: https://www.youtube.com/watch?v=A4Z_bUfnOZ4 [Accedido: 17 de febrero de 2025].
- [8] “Ettus Research – The leader in Software Defined Radio (SDR),” Ettus Research. [En línea]. Disponible: <https://www.ettus.com> [Accedido: 10 de junio de 2025].
- [9] A. Ken, “Arquitectura de software: ¿Qué es y qué tipos hay?”, Gluo. [En línea]. Disponible: <https://www.gluo.mx/blog/arquitectura-de-software-que-es-y-que-tipos-hay> [Accedido: 16 de febrero de 2025].
- [10] S. Lee, “Documentation,” Open5GS. [En línea]. Disponible: <https://open5gs.org/open5gs/docs/> [Accedido: 10 de junio de 2025].