

**EVALUACIÓN DE ALGORITMOS DE APRENDIZAJE DE MÁQUINA PARA LA
DETECCIÓN DE SIGNOS DE DEPRESIÓN EN JÓVENES ESTUDIANTES A PARTIR
DE INTERACCIONES TEXTUALES EN REDES SOCIALES**

Trabajo de Grado en Modalidad: Investigación

José Ricardo Ruiz Avendaño

Director:

Silvana Lorena Vallejo Córdoba

Codirector:

María Isabel Korzeniewski



Tecnológico
de Antioquia
Institución Universitaria

Ingeniería en Software

Medellín, Colombia.

2021

Dedicatoria

A Dios. Además de su infinita bondad y cariño, me permitió hacer esto y me dio salud para lograr mis metas.

A mis padres y demás familiares, quienes son la fuente de mi vida, son quienes en este largo caminar han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento depositando su entera confianza en mí y en cada reto que se me presenta, sin dudar en ningún momento de mi habilidad.

Agradecimientos

En este espacio, quiero agradecer a todos por su apoyo, dedicación y cooperación para hacer posible este gran sueño.

En primer lugar, gracias a Dios por su bendición, porque él siempre ha sido el primero, hemos sido llamados para darnos sabiduría y paz interior, y continuar nuestro trabajo.

A la Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento. A la asesora de tesis, Silvana Lorena Vallejo Córdoba y a la Codirectora María Isabel Korzeniewski, que con su experiencia me ayudó a orientar mi trabajo. Gracias por el acompañamiento, dedicación, paciencia y compromiso frente al proyecto pedagógico realizado.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

RESUMEN

Los avances en el campo de la informática han ayudado a simplificar tareas humanas en todas las áreas del conocimiento. Uno de los campos en los cuales se ha logrado mayor progreso es en el Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN); este ofrece grandes beneficios y en complementariedad con la ubicuidad de las redes sociales abre una gran oportunidad para ampliar los datos disponibles para médicos e investigadores de la salud mental, potencialmente reduciendo los tiempos de los diagnósticos y permitiendo identificar signos o alertas de enfermedades mentales en interacciones sociales cotidianas. Este trabajo se ocupa particularmente de la enfermedad de la depresión y busca contribuir con un estudio analítico comparativo de diferentes métodos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión a partir de interacciones textuales en redes sociales, buscando identificar las particularidades y mejores implementaciones de algoritmos del aprendizaje profundo y del aprendizaje automático en función de sus resultados reflejados en métricas de eficacia. Finalmente se busca determinar comparativamente cuál es el método que se adapta mejor para su aplicación con la población de jóvenes estudiantes.

PALABRAS CLAVE: Procesamiento del Lenguaje Natural, aprendizaje de máquina, redes sociales, depresión, jóvenes y adolescentes.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

ABSTRACT

Advances in the computing field have helped simplify human tasks in all knowledge areas. A field in which the most progress has been made is Natural Language Processing (PLN); this offers great benefits and in complementarity with the ubiquity of social networks provides a great opportunity to enhance the data available to mental health clinicians and researchers, potentially reducing the diagnoses times and allowing to identify signs or alerts of mental diseases in everyday social interactions. This work deals particularly with depression disease and seeks to provide an analytical comparative research of different machine learning methods for depression signs detection from textual interactions in social networks, seeking to identify the particularities and best implementations of deep learning and machine learning algorithms based on their results reflected in efficiency metrics. Finally, this study pursues to comparatively determine which method is best adapted for its application with the young student's population.

KEYWORDS: Natural Language Processing, machine learning, social networks, depression, youth and adolescents.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

Tabla de contenido

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABLAS	10
ABREVIATURAS	11
1. INTRODUCCIÓN	12
2. MARCO DEL PROYECTO	14
2.1. Definición del problema	14
2.2. Justificación del problema	16
2.3. Formulación del problema	19
2.4. Marco contextual	19
2.5. Antecedentes	27
2.6. Hipótesis	33
3. OBJETIVOS	34
3.1. Objetivo general	34
3.2. Objetivos específicos	34
4. MARCO METODOLÓGICO	35

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

	7
4.1. Definición de la metodología	35
4.2. Definición del alcance	43
5. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL	44
5.1. Procesamiento de lenguaje Natural (PLN)	44
5.2. Red social	49
5.3. Machine Learning	50
5.4. Técnicas del aprendizaje supervisado que se utilizan para el procesamiento de lenguaje natural	54
6. DESARROLLO DEL PROYECTO	61
6.1. Identificación de los principales métodos de aprendizaje de máquina que hacen uso del lenguaje natural en interacciones sobre redes sociales para la detección de signos de la depresión.	61
6.1.1 Caracterización de la depresión	61
6.1.2 Identificación de los métodos de aprendizaje de máquina, sus fuentes y técnicas para la preparación de la data.	68
6.1.3 Exactitud de los algoritmos de ML para la identificación de la depresión a partir de fuentes textuales	73
6.2. Caracterizar los algoritmos identificados a partir de criterios de eficacia	80

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

6.3. Analizar los resultados de la caracterización con el fin de determinar comparativamente cuál método se adapta mejor para su uso con población jóvenes estudiantes. 100

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	106
8. IMPACTO ESPERADO	109
9. RECOMENDACIONES FUTURAS	110
10. REFERENCIAS	111
11. ANEXOS	125

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Redes sociales y aplicaciones de mensajería instantánea más usadas en Colombia.....	24
2. El proceso de mapeo sistemático. Tomado de Estudio de Mapeo Sistemático en ingeniería de software	37
3. La máquina de vectores de soporte (SVM).....	56
4. Las redes sociales utilizadas como fuente para extraer datos	69
5. Algoritmos más utilizados en la revisión de literatura.....	71
6. Curva ROC.....	76
7. Diagrama de flujo de entrenamiento del algoritmo	102
8. Diagrama de flujo sistema final funcional	102

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

ÍNDICE DE TABLAS

1. Referencia de búsqueda de literatura entre artículos y trabajos finales de grado	40
2. Métricas de eficacia de los algoritmos de ML para la identificación de la depresión a partir de fuentes textuales.....	78
3. Redes Neuronales (RN)	82
4. Máquinas de soporte vectorial (SVM).....	86
5. Bosque Aleatorios (RF)	90
6. Naive Bayes (NB).....	95

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

ABREVIATURAS

CNN: Redes neuronales convolucionales unidimensionales.

EHR: Registros Electrónicos de Salud.

ENSM: Encuesta Nacional de Salud Mental.

KNN: k- Nearest Neighbors (k -Vecinos más cercanos).

LR: Regresión Logística.

LSTM: Long Short-Term Memory (Red recurrente).

NB: Naive Bayes (Bayes ingenuo).

OMS: Organización Mundial de la Salud

PLN: Procesamiento del Lenguaje Natural.

RF: Bosque aleatorio.

SVM: Máquina de vectores de soporte.

TIC: Tecnologías de la Información y de la Comunicación

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

1. INTRODUCCIÓN

La palabra depresión se deriva del latín *depressus* que significa “frustración”, “ser derribado”. Se ha considerado un trastorno del estado de ánimo desde la antigüedad, que se manifiesta como un estado temporal o permanente de infelicidad. Ahora bien, la terminología médica se refiere a la depresión como: una serie de síntomas que afectan principalmente el área emocional puede reducir el desempeño laboral o limitar las actividades de la vida.

La depresión puede causar muchos tipos de problemas, como tristeza, pérdida de interés, sensación de interiorización, baja autoestima, alteración del sueño, pérdida del apetito, dificultad para concentrarse y otros, además tiene una serie de efectos en el estado mental. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017), la depresión es una de las enfermedades más comunes en la población y afecta a todas las comunidades del mundo. La depresión generalmente comienza a una edad temprana y se presenta como un problema cada vez más grave, especialmente en los países desarrollados y urbanizados.

En los últimos años la producción de información digital ha crecido de manera exponencial, proporcionando apoyo en situaciones en las que el sistema de salud tradicional u otras áreas muestran deficiencias, todo esto ha sido un gran reto, pues el objetivo principal es aportar al conocimiento y fomentar las investigaciones en general.

La presente investigación pretende maximizar el impacto en la salud mental mediante el Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN del idioma inglés Natural Language Processing) haciendo uso de diversas redes sociales para identificar posibles trastornos mentales, La PLN es una disciplina que se ocupa de la interacción entre las computadoras y el lenguaje humano; consiste en un conjunto de tecnologías informáticas que permiten el análisis e interpretación de texto. En

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

el campo de investigación del Procesamiento del Lenguaje Natural y la Lingüística, y con base a sus respectivos conceptos, las máquinas pueden intentar comprender el Lenguaje Natural, reconocer su significado y con eso organizar grandes cantidades de información como lo haría un experto humano.

Se ha venido desarrollando hoy en día aplicaciones de análisis de sentimientos automatizado a la población, por medio de encuestas en las redes sociales y registros electrónicos de salud (EHR) referentes a su estado de ánimo. En este trabajo, se tomarán los datos a través de una revisión de bibliografía que dará origen a una base de datos a la cual se le hará una polarización de datos, que será la utilizada para descifrar los diferentes trastornos que padecen los usuarios y así, por medio de un algoritmo de Machine Learning, predecir cuál de los usuarios presenta comportamientos depresivos y lograr generar una alerta temprana en la depresión en los y las jóvenes.

Con todo esto en mente, el objetivo del presente trabajo es evaluar algoritmos de aprendizaje de máquina, para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

2. MARCO DEL PROYECTO

2.1. Definición del problema

El crecimiento exponencial en los últimos años de las redes sociales como, por ejemplo: Facebook, Twitter, Instagram y TikTok, han cambiado la vida diaria de millones de personas; la facilidad para acceder, recopilar y procesar los datos compartidos, disponibles en la web, y el gran interés social e industrial en dichos datos han atraído a una gran cantidad de disciplinas de investigación y campos de aplicación, no son la excepción la medicina y la psicología que encuentran un importante aliado a la hora de diseñar nuevas intervenciones en salud mental.

La implementación de plataformas web y aplicaciones móviles permiten a los pacientes acceder a atención en línea, situación que permite derribar barreras tales como: la distancia, el tiempo, el acceso y el uso de recursos.

El uso de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) permiten proporcionar apoyo en situaciones en las que el sistema de salud tradicional muestra deficiencias, para así maximizar el impacto en la salud pública de las intervenciones basadas en el uso de la tecnología especialmente de Internet o redes sociales para realizar procesos preventivos y de apoyo.

En función de lo planteado, será importante tratar el panorama de la depresión, pues está próxima a convertirse en un problema de salud pública. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017), define la salud mental como “el estado de bienestar que permite a cada individuo realizar su potencial, enfrentarse a las dificultades usuales de la vida, trabajar productiva y fructíferamente y contribuir con su comunidad”. (OMS, 2017). Cuando esta capacidad se

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

interrumpe, pueden ocurrir cambios en el estado de ánimo y el comportamiento, es allí cuando aparece la depresión (Instituto Nacional de Salud de Colombia, 2014).

La OMS reporta que 450 millones de personas sufren de estos trastornos y que la depresión podría ser para los años venideros, la segunda causa de deterioro en las funciones sociales y laborales en el mundo. En trece países de América Latina y el Caribe aumentó un 64%; convirtiendo a la depresión es una de las diez primeras causas de discapacidad en toda la región. (Sanz y García-Vera, 2020)

En Colombia, el Ministerio de Salud y Protección Social (2018), reporta en el Boletín de salud mental, que la depresión en los últimos estudios basados en la Encuesta Nacional de Salud Mental de 2015 (ENSM) y la Encuesta SABE 2014-2015, que las atenciones por depresión se han incrementado desde el año 2009 y el diagnóstico de depresión moderada se realizó en 36.584 atenciones solo en 2015. Según estos datos, en los adolescentes se encontró la mayor prevalencia de síntomas de depresión con 15,8%. Por regiones, las más afectadas fueron la Central con una prevalencia de 20,9% y la Oriental con 16,2%³ en el país. (Osorio y Jacob, 2017, p.42). La depresión en Colombia tiene una prevalencia aproximada de 8.6% en hombres y de 14.9% en mujeres.

Con relación a la problemática expuesta, las redes sociales y el análisis de los datos juegan un papel importante en las nuevas estrategias de salud mental para mejorar procesos de toma de decisiones, la detección temprana y la prevención. Es así como, las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en el siglo XX, la industria de los datos en el siglo XXI apalancada en tecnologías 4.0 (con el suministro informático en la nube denominado Cloud Computing), que se tornan protagonistas la minería de datos (Big Data) y las técnicas de la inteligencia artificial (IA) con el aprendizaje automático y profundo (Machine Learning y Deep Learning), convirtiéndose en un creciente campo de innovación y desarrollo.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Debido al notable éxito de los enfoques de aprendizaje automático y profundo, se han propuesto varias soluciones para hacer frente a los desafíos relacionados con las tareas y se han diseñado varios modelos de aprendizaje para el procesamiento del lenguaje natural para la detección de signos de depresión y otros indicadores de problemas de salud mental (Hammou y Lahcen ,2020, p.3).

Es por la considerable prevalencia de la depresión en jóvenes¹ y por el amplio uso que esta población les da a las redes sociales, con la generación de una gran cantidad de datos en la nube, que se crea la necesidad de estudiar y desarrollar estrategias efectivas que permitan que más adolescentes y jóvenes puedan obtener un diagnóstico temprano que ayude a mejorar la acción de los profesionales de la salud y permitan ampliar la territorialización de las políticas públicas para la salud mental.

2.2. Justificación del problema

En efecto, la depresión ha estado presente en la historia de la humanidad, es una respuesta a los diferentes momentos de estrés que se generan en la vida cotidiana. Cuando se presenta un episodio depresivo los adolescentes y jóvenes son lo más vulnerables según lo confirma la Organización Mundial de la Salud²; cada episodio puede durar de varios meses a varios años y es un problema que por las características sociales y culturales del mundo moderno se ha vuelto cada

¹ Política pública de juventud: Acorde al Artículo 5° de la Ley Estatutaria 1622 del 2013, joven es toda persona entre 14 y 28 años cumplidos en proceso de consolidación de su autonomía intelectual, física, moral, económica, social y cultural que hace parte de una comunidad política y en ese sentido ejerce su ciudadanía.

² Se calcula que en el mundo hay 350 millones de personas que se encuentran afectadas por la depresión; el peor desenlace de la enfermedad es el suicidio. Se estima que cada año se suicidan 800.000 personas en todo el mundo y el grupo de edad más afectado es el de las personas entre 15 y 29 años (Organización Mundial de la Salud, 2017). <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/SMental/Paginas/depresion.aspx>

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

vez más común y se ha convertido en un problema de salud pública (OMS, 2017), que necesita de una intervención urgente.

Por estas causas el procesamiento de lenguaje natural (PLN), entra a jugar un papel importante en el diagnóstico temprano de la depresión, pues este sigue posicionándose en todos los ámbitos de la sociedad como referencia del progreso tecnológico. Así queda reflejado en el creciente número de publicaciones dentro de este ámbito en los últimos años (Perrault y Shoham, 2019, p.3).

Este campo de estudio consiste en la capacidad que tienen los computadores a través de algoritmos para procesar y analizar el lenguaje hablado y escrito e interpretar la información que contiene (Aghion y Jones, 2017, p.5); aunque parece estar muy lejano a nosotros, en realidad está más integrado que nunca en nuestra vida cotidiana, por ejemplo, Google para recoger información de interés a partir de una búsqueda de usuario utiliza aplicaciones del PLN que muestran una gran cantidad de datos relacionados mediante enlaces de información basado en las palabras claves de la búsqueda y otras variables como la geolocalización.

En este sentido hay que decir que el procesamiento del lenguaje natural como referente de innovación, es una oportunidad en el procesamiento de los datos y la aplicación de algoritmos sobre texto y palabras, aplicable a las metodologías de investigación cualitativa ante la recogida y gestión de un elevado volumen de información y datos.

Algoritmos de inteligencia artificial (IA) y más específicamente los algoritmos de Machine Learning (ML) tienen un papel fundamental en las etapas de extracción de información y procesamientos de los datos en el PLN, es por esto que en esta investigación se centra el interés en el análisis de trabajos e investigaciones que proponen algoritmos de Machine Learning para el

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

procesamiento de lenguaje natural con el propósito de lograr detectar signos de depresión en jóvenes desde la información compartida en redes sociales.

El procesamiento de lenguaje natural tiene aplicaciones de alto interés en temas de salud y se utiliza en muchas áreas de la medicina. Las capacidades del PLN proporcionan soluciones novedosas para la medicina y en especial para la salud mental (Rong y Méndez ,2020, p.4).

Las tecnologías del aprendizaje automático aplicadas al PLN pueden realizar funciones que para el caso de esta investigación tienen gran interés, las orientadas al reconocimiento de signos de depresión en ambientes de uso masivo como son las redes sociales; de esta forma se podría ampliar la oportunidad de un reconocimiento temprano, facilitando herramientas de diagnóstico para médicos y psicólogos y mejorando su eficacia (He y Baxter, 2019, p.5).

Numerosos trabajos demuestran que la depresión en jóvenes se logra diagnosticar con mejor eficacia gracias a diferentes metodologías que utilizan algoritmos de Machine Learning en: el análisis de sentimientos automatizado (Hussain y Cambria,2018), reconocimiento de palabras y frases asociadas a síntomas de Depresión (Pedersen,2015), la correlación de gestos lingüísticos con factores descriptivos biométricos y sociales (Hammou y Lahcen, 2020), entre otras aplicaciones (Fontecha y Quiroga, 2020), ayudan a la detección de indicadores que apuntan en un estado de depresión. La rápida detección de estas patologías podría ayudar de manera significativa a mejorar el diagnóstico clínico e indirectamente a mejorar la calidad de vida de jóvenes en un entorno familiar, educativo y social.

La pretensión de este trabajo es contribuir a los profesionales de la Psicología y la Psiquiatría en la detección temprana de la depresión en jóvenes estudiantes por medio del estudio de diferentes métodos del ML que pueden ser acoplados para el procesamiento del PLN en redes sociales o canales comunicación de uso en contexto educativo, con intención de la búsqueda de

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

signos o alertas depresivos que contribuyan a una rápida respuesta y seguimiento de los jóvenes previniendo efectos nocivos en su bienestar general, en su desempeño académico y en su continuidad dentro de un programa académico.

2.3. Formulación del problema

De lo anteriormente expuesto y de la revisión de los antecedentes se formuló la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los aspectos fundamentales para la detección de signos de depresión en jóvenes, a través de los algoritmos de aprendizaje de máquina que hacen uso del lenguaje natural en redes sociales?

2.4. Marco contextual

A continuación, se desarrollan los aspectos contextuales en los cuales se enmarca esta investigación. Se determinaron tres categorías generales que brindan contexto a esta investigación y que se desarrollan a continuación:

2.4.1 La depresión como problema de salud pública

La depresión es una enfermedad común en todo el mundo, es diferente de los cambios de humor habituales y las breves respuestas emocionales a los problemas de la vida diaria; puede convertirse en un grave problema de salud, sobre todo si su duración es prolongada y si su intensidad es de moderada a severa puede causar un gran sufrimiento e interrumpir las actividades laborales, escolares y familiares pudiendo llevar, en el peor de los casos al suicidio. Es considerada por muchos como la enfermedad del siglo XXI; la depresión se ha convertido en un problema de salud pública por el impacto que tiene en el individuo, su familia y la comunidad; es una

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

enfermedad que puede ser tratada, pero debe ser diagnosticada a tiempo (Ministerio de Salud y Protección Social 2018).

La política pública de Colombia, desde el Ministerio de Salud y Protección Social, en su Resolución 4886 de 2018 adopta la Política Nacional de Salud Mental que busca posicionar la salud mental como agenda prioritaria para el país, tal como lo promulga la Ley 1616 de 2013 retomando lo propuesto en el Plan Hemisférico de la Salud Mental 2015-2020 que recomienda:

- a) Orientar programas de promoción que fortalezcan las habilidades psicosociales individuales y colectivas, la cohesión social y gestionen entornos saludables, resilientes y protectores.
- b) Orientar programas de prevención que articulen los sistemas y servicios de salud mental con los dispositivos de base comunitaria.
- c) Fortalecer la respuesta de los servicios de salud con enfoque de atención primaria en salud.
- d) Promover la rehabilitación basada en la comunidad y la inclusión social.
- e) Optimizar los sistemas de información y de gestión del conocimiento, así como la articulación sectorial e intersectorial. (Ministerio de Salud y Protección Social 2018).

El CONPES 3992 de salud mental de 2020, es otra apuesta desde la política pública donde la salud mental se reconoce como un factor determinante para el desarrollo humano y social, puesto que es fundamental para la construcción de capital social y redes de apoyo, el fomento de la productividad y el fortalecimiento de sociedades más pacíficas.

La pandemia por el COVID-19 ha hecho más evidente la importancia de la salud mental, tal como lo comenta en el Boletín de prensa N° 815 de 2020 la subdirectora de Enfermedades no

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Transmisibles adjunta al Consejo Nacional de Salud Mental del Ministerio de Salud y Protección Social, Nubia Bautista:

El miedo y la tensión asociado a una enfermedad poco conocida pueden resultar abrumadores, a esto se suma la situación de incertidumbre asociada, las medidas de aislamiento, la desinformación y la afectación global, aunado al reto que representa confiar en que todos se van a cuidar y con ello van a aportar al cuidado de otros. (Ministerio de Salud y Protección Social 2018).

La nueva realidad que se vive en presencia de la pandemia crea condiciones adicionales que incrementan el riesgo de la población a sufrir depresión, especialmente los más vulnerables como son los jóvenes que han tenido que sufrir consecuencias como: cambios de condiciones educativas, reducción de las opciones laborales e inestabilidad económica. Por estas razones, la salud mental sigue siendo una prioridad en la agenda pública, y en la actual situación se han intensificados los esfuerzos en torno a ella, tanto desde el sector salud como desde otros sectores como el educativo (Ministerio de Salud y Protección Social 2018).

Como se reporta en el Boletín N° 124 de 2017, para la prevención de la depresión en el entorno escolar, el Ministerio de Salud y Protección Social hace un especial llamado para la prevención de problemas de salud mental, específicamente la enfermedad de la depresión en los colegios, escuelas, universidades y demás entornos educativos. De acuerdo con los Registros Individuales de Prestación de Servicios (RIPS) del Sistema Integral de Información de la Protección Social (SISPRO), el mayor número de personas atendidas por depresión se da en el grupo de los 15 a los 19 años. En 2015 se atendieron 4.574 personas con diagnóstico de episodio depresivo, mientras que en 2016 fueron 4.710, siendo la población en edad escolar quien más se ve afectada por esta enfermedad. En ese sentido, como lineamiento de política pública se invita a

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

fomentar el diálogo sobre la depresión como principal medida de prevención del suicidio, ya que en la escuela y en las universidades es cada vez más frecuente esta patología.

La Universidad del Rosario, la casa editorial EL TIEMPO y la firma Cifras y Conceptos, presentan el 14 de mayo de 2021 el tercer estudio de percepción de jóvenes donde, en relación con las emociones, la emoción que más predominaba en los jóvenes en el primer estudio de enero 2020 era la alegría (66 %) pero hoy cambió a la tristeza (33 %). Frente a temas como su salud emocional, su estudio, su empleo, su economía, su seguridad personal, la mayoría siente que ha empeorado.

Del empleo, con el transcurso de la pandemia, es un tema que predominó entre sus preocupaciones en el país, pues, si bien, en enero del 2020 creían que el principal problema del país era la corrupción (30 %), hoy creen que es el desempleo (74 %) (Minsalud, 2020).

Perspectivas pesimistas y que afectan el bienestar de los jóvenes impulsaron al Departamento Nacional de Planeación a proponer el documento CONPES, *Estrategia para fortalecer el desarrollo integral de la juventud* donde se dan los lineamientos y orientación de la política macro en juventud para Colombia cuyo borrador se publicó el 21 de abril de 2021. La Salud Mental ocupa un lugar de importancia en este documento, reconociendo que los factores sociales y económicos del país, así como la vulneración de derechos fundamentales como la educación, la salud y el trabajo, impactan directamente en la salud mental de los jóvenes colombianos. (Minsalud, 2020).

2.4.2 Las redes sociales como puntos de encuentro para los jóvenes

Las redes sociales se han convertido en unas de las plataformas más visitadas por los seres humanos, especialmente por la población joven, quienes las han configurado como territorios digitales, pues son espacios que permiten la socialización constante y la interacción entre las

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

personas, es por esto por lo que un modelo basado en las redes sociales sería de gran ayuda, ya que permitiría la extracción y análisis de información de los usuarios.

La doctora en comunicación Roxana Morduchowicz en su libro *La construcción de la identidad juvenil en Internet*, asegura que las redes sociales cumplen un papel fundamental en el desarrollo de los chicos, pues estos a través de imágenes o textos buscan proyectar quienes son, qué piensan de ellos y los demás y como se ven a sí mismos, por esta razón las plataformas refuerzan las distintas formas de socialización. (Haimovichi, 2012, p.8).

Por otro lado, Alejandro Fishman, refiere que las plataformas digitales buscan complementar la vida real, pues amplían el repertorio de herramientas disponibles para la interacción y comunicación. (Haimovichi, 2012, p.8).

En Colombia el estudio publicado por We are Social, Hootsuite y Branch con el título: *Estadísticas de la situación digital de Colombia en el 2020-2021*, describe los datos registrados sobre el acceso a internet y uso de redes sociales en Colombia desde enero 2020 hasta enero del 2021. Se puede observar que Colombia ha tenido un crecimiento durante el 2020 en cuanto al uso del Internet y las redes sociales, dicho aumento se ve reflejado en un 11.4% durante el pasado año. (Alvino, 2021)

Las redes sociales juegan un papel fundamental en los procesos de socialización de los jóvenes, es allí, donde ellos comparten sentimientos e intereses y donde afianzan grupos sociales, a través de esto se construyen identidades. Todas estas características son utilizadas por grupos de marketing y publicidad digital, sin embargo, esta información podría servir de insumo para identificar aspectos de la personalidad de los sujetos.

En el estudio de conectividad y uso de redes sociales publicado por We are Social, Hootsuite y Branch (Alvino, 2021) reporta que el número de dispositivos móviles conectados en

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

el país es de 60.83 millones, lo cual quiere decir que las conexiones a través de celulares, tabletas y portátiles superan a la población total. Se conoce que para el 2020 la población colombiana estaba conformada por 51,07 millones de personas, de las cuales el 81.6% vive en zonas urbanizadas. Los usuarios de Internet activos en el país representan el 68% de la población total. De ese 68%, 76.4% está activo en diversas redes sociales, entre ellas: Facebook, Tik Tok, Instagram, YouTube. (Alvino, 2021)

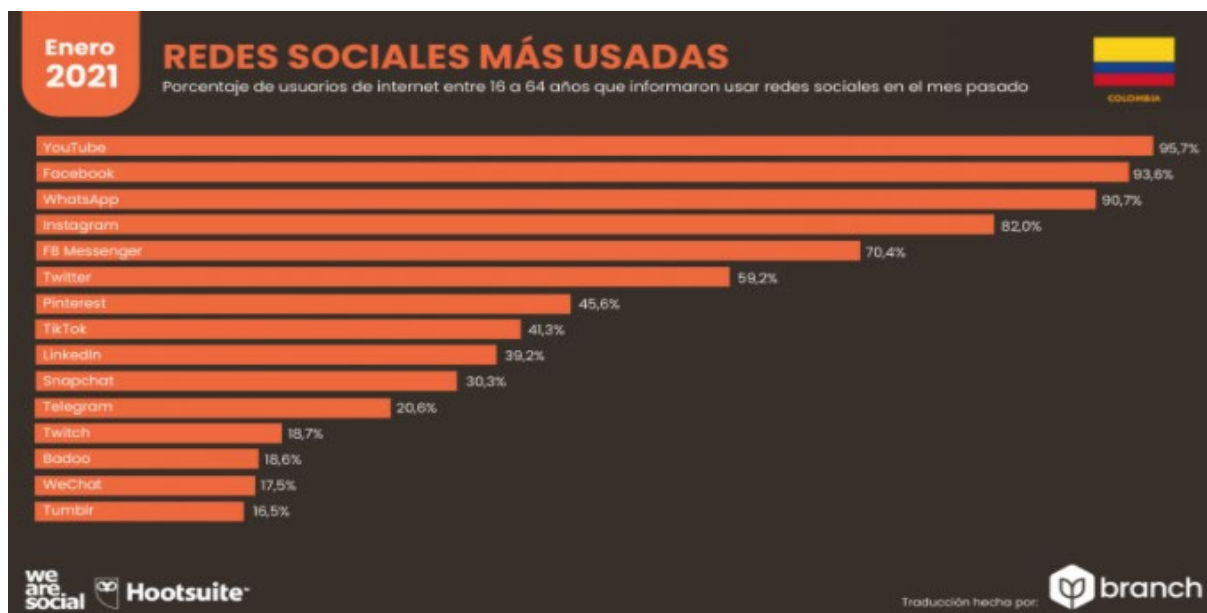
En Colombia hay 34.73 millones de internautas, esto representa un crecimiento de 1,3 millones de usuarios, esta cantidad de personas invierte aproximadamente 10 horas y 7 minutos al día a navegar en internet, de estos, el 94% accede a este servicio principalmente desde su smartphone. (Alvino, 2021)

Como se puede observar en la figura 1, YouTube es la plataforma más usada por los colombianos que tienen entre 16 y 64 años (95,7%), seguida por Facebook (93,6%) e Instagram (82,0%) (Alvino, 2021).

Figura 1.

Redes sociales y aplicaciones de mensajería instantánea más usadas en Colombia

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.



Fuente: (Alvino, 2021)

Estas cifras son suficientes para entender la importancia de las redes sociales especialmente en la población joven, además del papel que juegan en sus vidas. Es por esto que en la actualidad es importante identificar las preferencias de las personas en las redes sociales con el fin de evaluar el impacto de esto en la salud mental de la población.

2.4.3 El PLN como oportunidad de innovación en la salud mental

El campo de estudio de la informática llamado procesamiento del lenguaje (PLN) presenta una gran oportunidad para el análisis automatizado de documentos digitales de investigación clínica escritos en texto libre, permitiendo construir una base de datos de atributos textuales que algoritmos de computadora, como, por ejemplo, algoritmos de aprendizaje de máquina, puedan

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

utilizar para la detección, clasificación y registro del progreso de enfermedades de salud mental. Una vez que los atributos se obtienen del texto libre se pueden utilizar para realizar análisis estadísticos o guiar las decisiones de investigación clínica digital. Por otro lado, sistemas de diagnóstico clínico que utilizan como fuente información extraída del lenguaje natural se han propuesto para la detección y clasificación de signos asociados a la depresión, el trastorno de estrés postraumático, el trastorno bipolar, el trastorno afectivo estacional. (Rong y Méndez, 2020, p.2.).

Respecto a la salud mental, las posibles aplicaciones de la IA (inteligencia artificial), en la psiquiatría se pueden agrupar en dos amplias categorías. Una categoría se centra en el Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN), que permite al mundo de los dispositivos informáticos comprender, interpretar y manipular el lenguaje humano. La otra categoría es la que se centra en los chatbots, (programa informático) los cuales son agentes de conversación digitales que utilizan métodos de IA a través de texto para imitar el comportamiento humano a través de un diálogo en evolución que permita la extracción de información para el diagnóstico.

Muchas de las técnicas de PLN consisten en la aplicación de IA para el análisis de sentimientos y comportamientos a partir de datos textuales, las cuales se desarrollan mediante el aprendizaje automático integrado o técnicas de Machine Learning tras la recolección de estos (Rong y Méndez, 2020, p.3.).

Algunos beneficios del procesamiento de lenguaje natural que se evidencian en literatura son:

- **Simplificar la comunicación con las máquinas**, para dedicarse a tareas de más alto impacto.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

- **Ahorrar tiempo al automatizar procesos que se realizan manualmente:** La clasificación documental o la traducción de documentos con información repetitiva se puede agilizar con programas especiales.
- **Agilizar el trabajo de etiquetado manual:** Se pueden leer grandes volúmenes de documentos para etiquetar su contenido de una manera más fiable si un programa automático filtra los conceptos.
- **Permitir la toma de decisiones relativas a un problema de interés:** Una crisis en un medio social se puede controlar más efectivamente si un sistema de escucha de opiniones en las redes detecta el problema rápidamente.
- **Añade valor incorporando el significado de los textos:** Reglas lingüísticas, diccionarios. Las tecnologías PLN permite visualizar información semántica para ayudar a su mejor comprensión. (Moreno, 2020)

Los algoritmos más utilizados en la literatura de referencia por los autores son: NB: Naive Bayes, SVM: La máquina de vectores de soporte, LSTM: Long Short-Term Memory (La red recurrente), RF: Bosque aleatorio, CNN: Las redes neuronales convolucionales unidimensionales, LR: La regresión logística, KNN: k- nearest neighbors (Vecinas más cercanas). Los cuales se desarrollarán en la sección cinco del marco teórico – conceptual.

2.5. Antecedentes

A través de algunos repositorios virtuales de universidades con programas de informática, computación y bases de datos de revistas indexadas, se realiza la búsqueda de antecedentes teniendo en cuenta la relación que los textos tuvieran con la investigación que se está llevando a cabo. Además de ello, se seleccionaron artículos que tuvieran etiquetas de: Análisis de

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

sentimientos, Machine Learning y depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en sus redes sociales, y como antecedentes directos se eligieron 10 investigaciones.

En el artículo, **Análisis de sentimiento multilingüe: Un marco basado en RNN para datos limitados**, los autores realizaron un análisis de sentimientos, utilizando una técnica basada en la Red Neuronal Recurrente (RNN), con el objetivo de construir un modelo único en un lenguaje específico que tiene el mayor conjunto de datos para la tarea y reutilizarlo para lenguajes que tienen un conjunto de datos o recursos limitados. Utilizaron el kit de herramientas de aprendizaje profundo del Sistema de análisis estadístico (SAS) para su tarea y la API de traducción de Google para la traducción automática. En este análisis se utilizaron dos conjuntos de corpus: el primero contenía reseñas en inglés y el otro contenía reseñas de restaurantes en diferentes idiomas. Obtuvieron un 87,06% de precisión en el corpus en inglés, para el corpus español, turco, holandés y ruso, lograron 84,21%, 74,36%, 81,77% y 85,61% de precisión, respectivamente. (Can, E. F., Ezen-Can, A., y Can, F. 2018).

Por otro lado, los autores Carla Vairetti, Eugenio Martínez, Sebastián Maldonado, Victoria Luzón y Francisco Herrera, con el artículo nombrado **Mejorar la clasificación de las opiniones de las redes sociales optimizando la información estructural** plantearon un problema de gran relevancia relacionado con el análisis de sentimientos, el estudio y análisis de la información estructural subyacente de las opiniones. Para ello, se utilizaron las fuentes de las redes sociales para recoger las opiniones de los usuarios, que se estructuran en la mayoría de los casos en dos apartados: el título y el contenido o cuerpo de la opinión. Los autores afirman que la estructura de las opiniones de las redes sociales tiene información útil para la tarea de clasificación de polaridad. Para demostrar esta hipótesis, se propone un nuevo modelo para optimizar la contribución de la información estructural subyacente para la clasificación de polaridad. Este modelo se construye ponderando la contribución de cada sección, título y cuerpo. Los autores desarrollan una SVM

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

modificada que incluye un parámetro de ponderación, que se optimiza mediante una estrategia de búsqueda de líneas. El modelo se evalúa en tres conjuntos de datos de revisiones de diferentes dominios escritos en dos variaciones diferentes del idioma español (español hablado en España y en Chile), (Vairetti, Cámara, Maldonado, Luzón, y Herrera 2020)

En el artículo **Clasificación automatizada de mensajes de redes sociales en dimensiones de ciudades inteligentes**, se aborda la problemática de la clasificación de los temas en conjuntos de datos de redes sociales recopilados en Twitter y Colab. El autor en esta investigación propone aplicar algoritmos de aprendizaje automático a los datos urbanos que se generen en las redes sociales con el fin de crear clasificadores que de alguna manera categorizan automáticamente los mensajes o interacciones textuales de los usuarios.

El principal enfoque de los autores sobre este trabajo de investigación es determinar un modelo de aprendizaje supervisado para clasificar los mensajes en las dimensiones de Smart City, utilizando ISO37120. Además, se usó un enfoque de envoltura en donde considera cinco métodos de selección de características que se prueban a través de dos algoritmos de aprendizaje automático nominados (LSVC y LR para Colab, y CNB y DTC para Twitter) y los cuales arrojaron los siguientes resultados: Twitter (1.950 tweets) y Colab.re (65.066 publicaciones) (I C).

El estudio denominado: **Un modelo de detección de depresión basado en el análisis de sentimientos en Red social de microblogs**, explica el desarrollo de un modelo que sirva para la identificación de angustias en Twitter a través de un análisis de emociones. Primero, utilizaron una forma de análisis de sentimientos usando leyes lingüísticas, es decir, vocabulario; luego realizaron un modelo basado en el enfoque propuesto y emplearon diez características tomadas de pueblos con problemas en la observación psicológica. Finalmente, utilizaron tres formas de clasificación en su trabajo y su precisión fue del 80%. Este modelo analizó las experiencias de los usuarios en micro blogs, utilizó emoticones y pronombres en primera persona individuales y plurales para la

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

identificación de la depresión. Solamente se recopilieron datos de 180 usuarios de Twitter y su concepto funciona en el idioma chino (Wang, X., Zhang, C., Ji, Y., Sun, L., Wu, y Bao, Z., 2013)

Los autores Choudhury, Gamon, Counts, y Horvitz con el artículo nombrado **Predecir la depresión a través de las redes sociales**, proponen un método que se encarga de predecir la depresión a través de las redes sociales y en dicho estudio recopilan 100 publicaciones de la plataforma “Twitter” del año 2012 que arrojan un diagnóstico de depresión. Por otro lado, también recopilan 476 usuarios de dicha plataforma con el objetivo de realizar un estudio comportamental ante la interacción social: la emoción, el lenguaje y los tipos lingüísticos.

Después de eso, construyen el clasificador (SVM) para predecir la probabilidad de estar deprimido. Sus características reconocidas le dieron a su clasificador un 70% de precisión. Solo los tweets en inglés pueden predecir el proceso. (Choudhury, Gamon, Counts, Y Horvitz, E., 2013)

El reconocimiento de depresión basado en SVM de múltiples núcleos utilizando datos de redes sociales es un estudio que propone un modelo basado en SVM de múltiples núcleos para reconocer a las personas deprimidas y extrajo tres categorías principales, las cuales constan de: texto de microblog del usuario, perfil del usuario y comportamientos del usuario de sus redes sociales con el fin de describir las situaciones de los usuarios cuyas tasas de reducción de errores son 38, 43, 22, 21 y 11% respectivamente, la tasa de error del método SVM de múltiples núcleos para identificar personas deprimidas se reduce al 16,54%. Esto indica que el método SVM de varios núcleos es la forma más adecuada de descubrir a las personas deprimidas en función de los datos de las redes sociales (Peng, Z, Hu, Q., Y Dang, J, 2019).

El artículo nombrado **Clasificación de opiniones a nivel de documento utilizando un enfoque híbrido de aprendizaje automático**, explica una técnica de algoritmo de aprendizaje automático híbrido, es decir, una máquina vectorial de soporte utilizada para seleccionar la mejor

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

característica de los datos de entrenamiento y luego dar estas características a la red neuronal artificial para realizar clasificación de sentimientos con una efectividad 96%. (Tripathy, Anand, Y Rath, 2017).

Los autores Georgios Paltoglou y Mike Thelwall en el artículo **Análisis de sentimientos no supervisados en las redes sociales**, propusieron un análisis detallado en las redes sociales Twitter, MySpace y Digg en contraste con los métodos de aprendizaje automático supervisados que se aplican normalmente para estos problemas. Este estudio mostró que, aunque se implementó el aprendizaje no supervisado, se identificaron resultados sólidos y alentadores con los textos sociales en comparación con los métodos de aprendizaje supervisados de dominios específicos (Paltoglou, y Thelwall 2012).

En el artículo **Análisis sentimental de tweets en árabe mediante aprendizaje automático**. Los autores proponen estudiar unas cuentas de Twitter de usuarios árabes, en donde separan y las clasifican en tweets positivos y negativos. El total de estos tweets es de 1.800, escritos en árabe moderno en el dialecto jordano. Para investigar el método de análisis de sentimiento de aprendizaje automático supervisado de los temas árabes en las redes sociales escritos en idioma árabe estándar moderno o el dialecto de Jordania; hicieron una comparación entre dos clasificadores máquina de vectores de soporte y Nave Bayes usando dos características diferentes y distintas estrategias de preprocesamiento. Los autores utilizaron muchos N-gramas; Unigram, Bigrams y Trigrams, con diferentes esquemas de ponderación y técnicas de derivación alternativas aplicadas; sin despalilladora, despalilladora y despalilladora ligera. El escenario de mejor desempeño es máquina de vectores de soporte, que usa el lematizador con el término frecuencia - frecuencia inversa del documento a través de Bigrams, en comparación con el escenario que usa el clasificador Nave Bayes. La clase es máquina de vectores de soporte da una resolución del 88,72% y una puntuación F: 88,27% (Alomari, ElSherif, y Shaalan, 2017).

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

En el artículo **Predecir la depresión a través de las redes sociales**, se indicó la posibilidad de utilizar la red social en línea para identificar y analizar los problemas depresivos importantes en las personas, a través de sus publicaciones en las redes sociales basadas en la web. Cuantificaron los créditos de comportamiento identificando el compromiso social, sentimientos, estilos dialectales y semánticos, sentido del sistema del yo y avisos de medicamentos antidepresivos. (Choudhury, Gamon, Counts, y Horvitz, 2013).

Estos diez antecedentes permitieron observar que el procesamiento de lenguaje natural y los diferentes algoritmos de Machine Learning trabajando en equipo se configuran como un campo de estudio en crecimiento, ampliamente utilizados para la detección automática de signos o alertas de depresión. La oportunidad de extraer información directamente de fuentes textuales con origen en redes sociales que se identifican como uno de los principales medios de comunicación, expresión y despliegue de la personalidad, así como de relacionamiento de los jóvenes, es una oportunidad de diagnóstico temprano.

El estudio de antecedentes hace evidente la pertinencia de este trabajo de investigación que busca comparativamente estudiar las diferentes propuestas metodológicas y algoritmos de detección automática de la depresión basados en técnicas del aprendizaje de máquina, especialmente aplicados a jóvenes que, por condiciones de la nueva realidad de distanciamiento social, uso de medios virtuales para estudio y trabajo y difíciles condiciones sociales, sufren cada vez más de esta enfermedad.

El estudio de los antecedentes permitió un mayor acercamiento al objeto de estudio, las categorías teóricas y los métodos de análisis de eficacia de los algoritmos de detección, dando punto de partida a la evaluación sistemática de la literatura científica que se desarrolla en este trabajo.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

2.6. Hipótesis

Del estudio de antecedentes y el planteamiento del problema de investigación se determina la siguiente hipótesis:

La evaluación de la eficacia de los algoritmos de ML permite determinar cuál es el mejor para detectar signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales del lenguaje natural en redes sociales.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la eficacia de algoritmos de aprendizaje de máquina en la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar los principales métodos de aprendizaje de máquina que hacen uso del lenguaje natural en interacciones sobre redes sociales para la detección de signos de la depresión en población joven.
- Caracterizar los algoritmos identificados a partir de criterios de eficacia en la detección de signos de depresión a partir de interacciones textuales en redes sociales.
- Analizar los resultados de la caracterización con el fin de determinar comparativamente cuál es el método que se adapta mejor para su uso con población de jóvenes estudiantes.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

4. MARCO METODOLÓGICO

Esta investigación busca realizar una revisión sistemática de literatura, donde se implementa la metodología de Barbara Kitchenham ajustada por Carrizo y Moller (2018). Al aplicar esta metodología, los aspectos críticos están relacionados con lograr un diseño y una ejecución apropiada como también una estrategia de búsqueda efectiva de artículos científicos y trabajos de investigación almacenados en repositorios digitales. De allí parte la necesidad por encontrar un enfoque de diseño, ejecución y evaluación que permita obtener de manera adecuada la información necesaria de la literatura científica tal como lo plantea Kitchenham. Lo que se propone como revisión sistemática para esta propuesta investigativa es evaluar e interpretar la literatura disponible publicada en los últimos 7 años (2014 a 2021), que esté en coherencia con la pregunta de investigación, con el fin de generar un mayor acercamiento a la temática a desarrollar. Por otro lado, se pretende indagar acerca de la evaluación de la eficacia en algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión a partir de interacciones textuales en redes sociales, buscando preferencialmente el trabajo con población joven.

4.1. Definición de la metodología

La presente investigación se desarrollará mediante un enfoque mixto³, debido a que permite verificar convergencia, confirmación o correspondencia al contrastar los datos cualitativos

³ Lieber y Weisner (2010) (citados en Hernández, R. & otros. 2016:546) señalan que los métodos mixtos “capitalizan” la naturaleza complementaria de las aproximaciones cuantitativa y cualitativa. La primera representa los fenómenos mediante el uso de números y transformaciones de números, como variables numéricas y constantes, gráficas, funciones, fórmulas y modelos analíticos; mientras que la segunda a través de textos, narrativas, símbolos y

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

y cuantitativos relacionados al análisis de fuentes bibliográficas, así como corroborar o no los resultados y descubrimientos en aras de una mayor validez interna y externa del estudio. La propuesta metodología de Barbara Kitchenham adoptada para esta investigación, utiliza la revisión bibliográfica sistemática y una evaluación crítica del material para plantear conclusiones.

La revisión sistemática de la literatura científica que se desarrolló en este trabajo de investigación consta de tres fases fundamentales descritas por Carrizo y Moller en el 2018:

- **Definición para la búsqueda:** En esta fase se determina la pregunta de investigación, el alcance de la revisión, los criterios de inclusión y exclusión y finalmente la cadena de búsqueda.
- **Ejecución de la búsqueda:** En esta fase se define la selección de trabajos primarios y difusión de criterios de análisis.
- **Discusión de los resultados:** En esta fase se definen los esquemas de caracterización y se analizan los resultados.

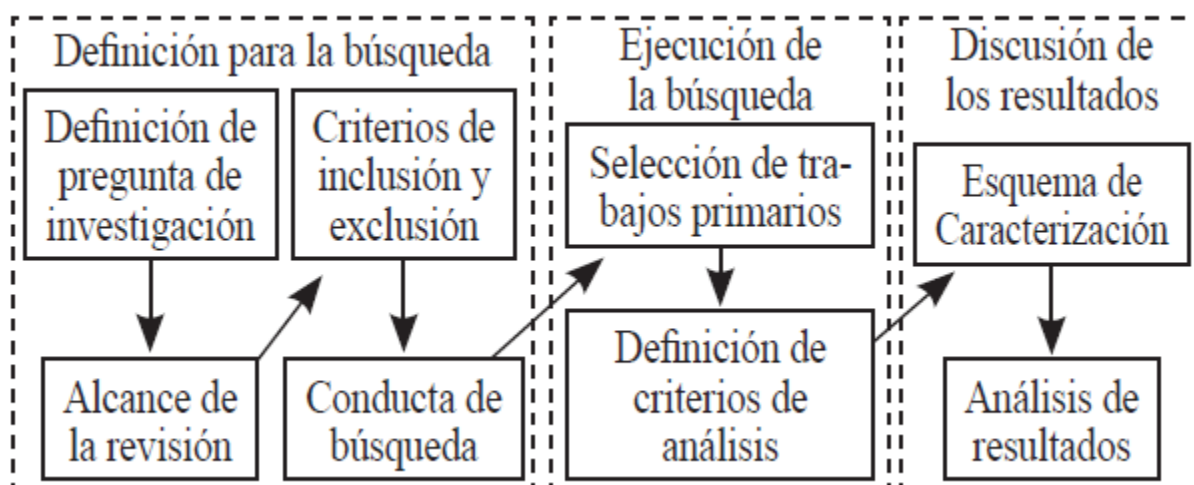
Las fases explicadas se presentan en la **Figura 2**.

elementos visuales. Así, los métodos mixtos caracterizan a los objetos de estudio mediante números y lenguaje e intentan recabar un rango amplio de evidencia para robustecer y expandir nuestro entendimiento de ellos.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Figura 2

El proceso de mapeo sistemático. Tomado de Estudio de Mapeo Sistemático en ingeniería de software



4.1.1. Definición para la búsqueda.

4.1.1.1 Definición de pregunta de investigación

A partir de la pregunta de investigación, la hipótesis planteada y el objetivo general del estudio se determinó generar una pregunta orientadora de la búsqueda que responda a:

RQ.1. ¿Cuáles son los principales métodos de aprendizaje de máquina que hacen uso de información textual en lenguaje natural extraída desde redes sociales para la detección de signos de la depresión en población joven?

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

4.1.1.2 Alcance de revisión

Este estudio busca indagar a través de la literatura, motores de búsqueda, bases de datos digitales y otras fuentes, información valiosa que genere aportes significativos al tema planteado.

Las fuentes utilizadas fueron:

- SCIEDIRECT Library: <http://www.sciencedirect.com>
- IEEEEXPLORE Library: <http://ieeexplore.ieee.org/>
- GOOGLE ACADEMY <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
- SCIELO <https://scielo.org/es/>

Se buscó incluir al menos una referencia a artículos de la revista Cuaderno Activa <http://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva> o referencias a los capítulos de las ediciones publicadas del libro Investigación e Innovación Ingeniería del Software desarrollados por el sello editorial PublicarTdeA, pero no se encontró una referencia directa que cumpliera con los criterios de inclusión. Se planteó como meta recopilar al menos 35 documentos que cumplieran con los criterios de búsqueda.

4.1.1.3 Criterios de inclusión y exclusión

Inclusión: Estos criterios buscan delimitar la escogencia de documentos encontrados en la búsqueda documental:

- Considerar sólo publicaciones desde el año 2014 en adelante (2021).

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

- Publicaciones que se enfocan en la detección automática de la depresión por medio de algoritmos de aprendizaje de máquina y procesamiento del lenguaje natural.
- Publicaciones que enfatizan el uso de las redes sociales en la detección de problemas de la salud mental.
- Resultados de la búsqueda en el área de las ciencias de la computación y en menor medida de las ciencias de la salud.

Exclusión: De forma contraria, se dejan de lado todas las investigaciones que no tengan relación con procesamiento de lenguaje natural, aprendizaje de máquina, detección automática de la depresión a través del texto escrito en lenguaje natural expresado en redes sociales. También publicaciones informales que no siguen una metodología científica.

4.1.1.4 Conducta de la búsqueda

Con el fin de seleccionar los estudios relevantes se utilizaron las siguientes etiquetas como filtros de revisión:

- Aprendizaje de máquina + Depresión
- Procesamiento de Lenguaje Natural o PLN + Redes sociales
- Depresión + Jóvenes + Detección automática + Redes sociales
- Aprendizaje de máquina + PLN + Depresión

Mucha de la literatura se encontró en idioma inglés, por lo tanto, las etiquetas se utilizaron traducidas al inglés: *Natural Language Processing (NLP)*, *machine learning*, *social networks*, *depression*, *youth and adolescents*, *automatic detection*.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

4.1.2. Ejecución de la búsqueda

4.1.2.1 Selección de trabajos primarios

En la **Tabla 1**, se relacionan los artículos de investigación y trabajos de grado que se incluyeron como base documental primaria para el presente estudio.

Tabla 1

Referencia de búsqueda de literatura entre artículos y trabajos finales de grado

Base de datos	Artículo	Trabajos finales de grado
Science Direct	3	
SciELO Analytics	8	
IEEE	19	
Repositorios Institucionales		5
Google Academy	3	
Total	33	5

En total se seleccionan 38 documentos de los cuales 33 (87%) corresponden a artículos resultados de investigación y 5 (13%) a trabajos de grado.

4.1.2.2 Evaluación de calidad y criterios de análisis

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Al momento de realizar la búsqueda se seleccionaron plataformas o librerías virtuales como SCIEDIRECT, IEEEEXPLORE, GOOGLE ACADEMY, CIELO y repositorios institucionales que contienen Trabajos de grado, teniendo en cuenta que estas fuentes cumplen con un criterio de calidad_y evaluación de pares expertos especialistas en el tema antes de su publicación. También muchas de las fuentes escogidas científicas y académicas cuentan con indexación Scopus, Pubindex o EBSCO.

Como criterio de análisis de los documentos se buscó que los trabajos mostraran una metodología clara donde se detallarán las fuentes de los datos, las técnicas de preprocesamiento, los algoritmos de machine learning trabajados y los resultados proporcionados en métricas de eficacia como exactitud, precisión, recall, F1-Score, entre otras. Se dio prioridad a los trabajos que trabajaron con fuentes textuales minadas de redes sociales y que especificaron que su población objetivo son los jóvenes.

4.1.3. Discusión de los resultados

4.1.3.1 Esquema de caracterización

Para obtener información detallada, organizada y concisa de cada uno de los estudios seleccionados, se caracterizaron utilizando una ficha de análisis en Excel que permitiera describir y operacionalizar la base documental en términos:

- Número: Es utilizado para llevar la cuenta de los artículos obtenidos.
- Título: Nombre del artículo.
- Año: Fecha de publicación.
- Base de datos: Nombre de la base de datos donde se extrajo el artículo.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

- Palabras claves: Palabras significativas del artículo.
- Objetivo: Es la finalidad del artículo.
- Datos de entrada: Fuente y naturaleza de los datos con que los que trabajan en el desarrollo de la investigación.
- Métodos de procesamiento de lenguaje natural: La combinación de técnicas y algoritmos para la limpieza y tratamiento de los datos textuales.
- Algoritmos: Algoritmo o algoritmos de clasificación trabajados para la detección automática.
- Eficacia: Métricas de eficacia del clasificador.
- Conclusiones: Argumento final o análisis a los que llegaron los autores en función de los resultados obtenidos.
- Referencia: Referencia en norma APA.

4.1.3.2 Análisis de resultados.

Esta fase es la parte final y conclusiva de la investigación, donde se procesó toda la información obtenida en el estudio de evaluación de eficacia en algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales. Para esto se propone un análisis deductivo donde a partir de la base documental primaria se depuran y caracterizan los métodos que con mayor frecuencia y eficacia cumplen la función de detección de la depresión. Este proceso deductivo converge en determinar

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

comparativamente cuál método se adapta mejor para su uso con población jóvenes estudiantes colombianos.

4.2. Definición del alcance

El alcance cronológico de la presente investigación se encuentra situado entre los años 2014-2020, rango temporal que enmarca la recopilación de 38 investigaciones, que tienen relación con el objeto de estudio de la investigación; teniendo en cuenta solo las investigaciones más relevantes sobre el procesamiento de lenguaje natural (PLN) y aprendizaje de máquina aplicado a la detección de signos de la depresión en población joven.

La investigación pretende dar claridad a la pregunta de investigación e hipótesis planteadas a partir del desarrollo de los objetivos específicos y general.

Con un estudio analítico comparativo que parte del análisis sistemático de la literatura se pretende definir cuáles son los métodos que mejor se adaptan al planteamiento del problema, respondiendo a los interrogantes: ¿Qué modelo nos puede brindar una mayor exactitud y precisión?, ¿Qué modelo presenta una mejor sensibilidad y especificidad?, ¿Es posible que la técnica brinde un resultado positivo en la detección temprana de la depresión como ayuda diagnóstica?

Esta investigación es la primera aproximación al diseño, para plantear un futuro desarrollo de una herramienta de apoyo diagnóstico y alerta temprana que pueda ser utilizada en un contexto educativo con población joven y en programas de prevención a la deserción como Prometeo del Tecnológico de Antioquia.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

5. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL

A continuación, se desarrollarán los conceptos claves que hacen parte de la presente investigación, con el fin de dar claridad acerca de la orientación conceptual de esta propuesta investigativa y las bases teóricas que la sustentan.

5.1. Procesamiento de lenguaje Natural (PLN)

El estudio del lenguaje natural desde la perspectiva de la inteligencia artificial tiene dos objetivos principales, el primero hace alusión a facilitar los procesos de comunicación con los ordenadores y el segundo está orientado a configurar algunos procesos cognoscitivos importantes en la comprensión del lenguaje, con el propósito de diseñar sistemas que realicen tareas lingüísticas complejas, tales como: traducir, resumir de textos, recuperación de información, etc. (Cortez, Vega y Pariona, 2009)

Hablar del lenguaje propiamente dicho, implica también entenderlo como un sistema, el cual hace uso de algunos signos o símbolos cargados de significado, los cuales permiten expresar a través de la escritura o la voz, ideas o pensamientos. Por otro lado, referirse al lenguaje natural, trae consigo la evolución del lenguaje con el objetivo de proporcionar una comunicación con el entorno, además puede ser utilizado para analizar situaciones altamente complejas y razonar, es decir, el lenguaje hablado y escrito. La interpretación del lenguaje natural es realizada por el cerebro, a través de la decodificación de estímulos y entradas sensoriales, como lo son ver o escuchar algo, posterior a esto el cerebro convierte esta información en un conjunto de símbolos que luego son analizados. La inteligencia artificial (IA), busca la manipulación de lenguajes naturales a través de herramientas de computación. Para esto los lenguajes de programación cumplen un rol importante, finalmente entonces el procesamiento de lenguaje natural es un campo

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

de conocimiento de la IA que consiste netamente en la utilización de un lenguaje natural (español, inglés, chino) para comunicarse con un ordenador.

La aplicación del procesamiento del lenguaje natural es muy amplia, pues puede ser usado para:

- Traducción automática
- Recuperación de la información
- Extracción de Información y Resúmenes
- Resolución cooperativa de problemas
- Tutores inteligentes
- Reconocimiento de Voz

5.1.1 Arquitectura de un sistema de PLN

Según Augusto Cortez, Hugo Vega y Jaime Pariona en 2009, el procesamiento de lenguaje natural esta es descrito a través de los niveles fonológico, morfológico, sintáctico, semántico, y pragmático:

- **Nivel Fonológico:** Relación de las palabras con los sonidos que representan
- **Nivel Morfológico:** Construcción de palabras a partir de unidades de significado más pequeñas (morfemas).
- **Nivel Sintáctico:** Unión de palabras para formar oraciones, fijando el papel estructural que cada palabra juega en la oración y que sintagmas son parte de otros sintagmas.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

- **Nivel Semántico:** Significado de las palabras y cómo los significados se unen para dar significado a una oración, también se refiere al significado independiente del contexto, es decir de la oración aislada.
- **Nivel Pragmático:** Cómo las oraciones se usan en distintas situaciones y cómo el uso afecta al significado de las oraciones.

5.1.2 Técnicas del PLN para la extracción de atributos textuales

Existen diversas técnicas para la extracción de información contenida en textos, algunas de las más usadas son los n-gramas, los cuales buscan reconocer expresiones regulares, las cuales tienen como función determinar las relaciones estructurales de los textos analizados. En ocasiones esta técnica hace uso del componente nombrado lexicón, el cual busca aportar información para la categorización sintáctica y el etiquetado morfológico.

Tomando como punto de partida la gramática, el lexicón y el texto original, la persona encargada de analizar podrá reconocer cadenas derivadas según la definición establecida en dicha gramática. Si el reconocimiento resulta positivo o adecuado, el analizador produce una representación en forma de árbol de derivación con etiquetas morfológicas (Calle, 2014)

5.1.2.1 N-Gramas

El concepto de N-gramas, describe la secuencia de palabras u otros elementos de acuerdo con como estos aparecen en los textos, son una técnica utilizada para diseñar núcleos que permiten a algoritmos automáticos de aprendizaje extraer información a partir de cadenas de texto, pueden ser N-gramas sintácticos continuos o sintácticos no continuos.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Los N-gramas sintácticos continuos se van construyendo siguiendo la ruta en el árbol sintáctico, es decir, son N-gramas que permiten introducir información sintáctica en los métodos de aprendizaje automático, en este no se permite bifurcaciones (ramificación de un proyecto madre en varios proyectos que son independientes entre sí) en la ruta. La longitud de un árbol es el número de arcos en este árbol, lo que corresponde al valor de n (en caso de los n -gramas) (Sidorov, 2013).

Los N-gramas sintácticos no continuos son todos los subárboles de longitud n de un árbol sintáctico, estos pueden tener ciertos convenios, por lo que pueden ser modificados en un futuro y dentro de estos pueden existir unas partes continuas y una o varias bifurcaciones.

Actualmente existe un módulo, expuesto por el diseñador de Azure Machine Learning, disponible en el sitio de Microsoft, llamado “Extract N-Gram Features from Text” (Extracción de características de n -gramas a partir de texto) para *caracterizar* datos de texto no estructurados (Microsoft, 2019)

Dicho módulo permite los siguientes escenarios de uso de un diccionario de n -gramas:

- Creación de un nuevo diccionario de n -gramas a partir de una columna de texto libre: aquí es posible establecer un vocabulario, crear listas de características, proporciona tamaño de los n -gramas, función de ponderación y longitud máxima y mínima de las palabras.
- Uso de un conjunto existente de características de texto para caracterizar una columna de texto libre.
- Puntuación o implementación de un modelo que usa n -gramas, el cual permite generar ciertas predicciones.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

5.1.2.2 Diccionarios

Desde el procesamiento del lenguaje, los diccionarios son definidos como el conjunto de conceptos o entidades que se desean reconocer. Con esta técnica de extracción de información, se modifica constantemente el contenido puesto que añaden y eliminan conceptos continuamente (Quevedo, 2020, p.57).

Generalmente los diccionarios son lenguajes documentales (términos que pueden sufrir modificaciones), además de instrumentos que facilitan el control terminológico mediante el uso de descriptores, cuyo objetivo es representar y recuperar información de manera sencilla. Para esto se contemplan reglas acerca de la forma de los términos, las relaciones entre ellos y su aplicación.

5.1.2.3 Palabras de Investigación Lingüística (LIWC)

El LIWC, es un software desarrollado para la evaluación cognitiva y emocional de textos a través de una serie de categorías psicológicas y estructurales utilizado comúnmente en el campo de la psiquiatría (Ruas, Fernandez y Puentes, 2012, p.52) Es un programa aplicado como técnica de extracción y análisis de información. Esta plataforma tiene la capacidad de identificar y calcular cómo las personas hacen uso de diferentes categorías de palabras a través de distintos textos; permite también determinar el grado en que los autores usan palabras que connotan emociones positivas o negativas, auto-referencias, palabras extensas o palabras que se refieren a sexo, comer o religión.

Este software contiene un diccionario en español compuesto por 7.515 palabras. Cada palabra se puede clasificar en una o más de las 72 categorías incluidas por omisión en LIWC. Además, las categorías se clasifican en cuatro dimensiones: 1) procesos lingüísticos estándar, 2) procesos psicológicos, 3) relatividad, y 4) asuntos personales. (Salas, Rodriguez y Valencia, 2014, p. 34)

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Esta herramienta posibilita un análisis rápido de una gran cantidad de palabras, independientemente de la orientación teórica del investigador, sin embargo, no identifica el sentido no literal de las expresiones ni tampoco la influencia del contexto en el discurso.

5.2. Red social

En el artículo, “Las redes sociales: una nueva herramienta de difusión” se define red social como lugares en Internet donde las personas publican y comparten todo tipo de información, personal y profesional, con terceras personas, conocidos y absolutos desconocidos (Hütt, 2012, p.4). Lo cierto es que este tipo de sitios permiten la interacción social, convirtiéndose así en parte del diario vivir de las personas que la usan y donde actualmente la mayoría de la población tiene acceso a estas de plataformas.

Por otro lado, otros autores afirman que las redes sociales son el reflejo de lo que antes se mostraba mediante sociogramas, es decir, una serie de puntos representando individuos o personas, unidos mediante líneas que representan relaciones (Bartolomé, 2008, como se citó en Flores, Moran y Rodríguez, 2009, p.4), esta técnica cumplía una función importante pues pretende mostrar de una manera gráfica y de fácil acceso a las distintas relaciones entre sujetos que conforman un grupo, con el fin de identificar afinidades, preferencias y lazos estrechos.

Cabe mencionar que el grupo poblacional que accede en mayor medida a las redes sociales son los jóvenes, pues son estos los que mayoritariamente buscan crear vínculos e interrelacionarse de manera virtual. Sin embargo, y a causa de la globalización y los grandes avances en materia de tecnología, otras etapas del ciclo vital también confluyen ahí, lo que ha enriquecido estas plataformas.

Se conoce también que los jóvenes hacen uso de las herramientas tecnológicas con el fin de construir identidad virtual, pues estos se encuentran formando su personalidad, es por esto que

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

prefieren hacerlo de esta manera, ya que la tecnología suele crear una ilusión de compañía sin las exigencias que supone la amistad presencial (Truckle 2011 & Barrio Fernández y Ruiz Fernández 2014 Como se citó en Cándale, 2017, p.3). Por esta razón es tan importante el análisis de las publicaciones que se hacen en las redes sociales, pues podrían ayudar a identificar ciertas alarmas que los usuarios lanzan de manera consciente e inconsciente.

Tipos de red social:

Según la literatura existen tres clasificaciones principales de las redes sociales

- **Redes sociales profesionales:** Este tipo de red permite obtener una lista de contactos profesionales además de posibilitar intercambios comerciales, la interacción y la búsqueda de oportunidades laborales entre las personas.
- **Redes sociales generalistas:** Este tipo de red social cuenta con un crecimiento más acelerado que la anterior, pues los que hacen uso de ellas buscan ponerse en contacto con personas cercanas y no tan cercanas, con el fin de comunicarse, compartir música, videos, fotografías e información personal.
- **Redes sociales especializadas:** Son redes sociales especializadas en una determinada actividad social o económica, un deporte o una materia. Esto permite satisfacer una necesidad inherente del ser humano de formar parte de grupos con características e intereses comunes (Hütt, 2012, p.5)

5.3. Machine Learning

El aprendizaje automático es el subconjunto de la inteligencia artificial (IA) que se concentra en realizar sistemas que aprenden, o mejoran el rendimiento, en función de los datos que

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

utilizan. El concepto de IA es un término amplio que se refiere a sistemas o máquinas que son capaces de contextualizarse y hasta pueden llegar a imitar la inteligencia humana. Por lo general se suele mencionar al aprendizaje autónomo y a la IA en entornos similares, pero no significan lo mismo. Un aspecto importante para destacar es que, aunque todo aprendizaje autónomo es IA, no toda IA es aprendizaje autónomo. (Oracle, 2021)

Hoy en día, es fácil identificar que el aprendizaje autónomo funciona en todos los contextos, por lo general cuando se usan las Apps bancarias o al momento de realizar compras en línea o al usar redes sociales, es aquí cuando los algoritmos de aprendizaje autónomo tienen un papel importante para hacer que el usuario tenga una experiencia eficiente, fluida y segura. Este tipo de aprendizaje y la tecnología a su alrededor se han desarrollado rápidamente, y apenas se encuentra en una etapa inicial en donde es casi imposible conocer en su totalidad, la superficie de sus capacidades.

En síntesis, Machine Learning es una rama de la IA que permite a un sistema aprender de los datos que se encuentran en su entorno, en lugar de aprender mediante la programación explícita. No obstante, Machine Learning no se toma como un proceso simple ni sencillo.

De forma anticipada, Machine Learning permite modelos a entrenar con conjuntos de datos para luego ser implementados. Algunos modelos de Machine Learning están online y funcionan de forma continua. Este proceso iterativo de modelo en línea mejora los tipos de asociaciones que ocurren entre elementos de datos. Debido a su complejidad y tamaño, estos patrones y asociaciones pueden pasarse por alto fácilmente en la observación humana. Una vez que se ha entrenado el modelo, se puede utilizar para entrenar datos en tiempo real. Una mayor precisión es el resultado de la capacitación y la automatización que forman parte del aprendizaje automático (IBM. 2018).

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Es importante tener en cuenta que el aprendizaje automático también puede definirse como un conjunto de métodos que son capaces de detectar de forma automática, patrones en los datos. A raíz de esta definición, el concepto de aprendizaje automático lleva alrededor de 50 años, “Período en el que se descubrieron diversos métodos estadísticos y al mismo tiempo se aplicaron al aprendizaje automático a través de algoritmos sencillos”. (Management Solutions, 2018).

Dichas técnicas de Machine Learning son indispensables al momento de mejorar la precisión de los modelos predictivos. Teniendo en cuenta la naturaleza del problema empresarial que se está atendiendo, al momento existen distintos enfoques basados en el tipo y magnitud de los datos.

Cabe resaltar que las técnicas de aprendizaje automático o bien conocido como Machine Learning, han estado experimentando un auge sin precedentes en distintos contextos, tanto en el académico como también en el empresarial, y cumplen con un importante desempeño de transformación. Estas técnicas se hicieron conocer en dos ámbitos, una variedad de factores ha venido provocando que su utilidad tenga más intensidad a comparación de tiempo atrás, que su uso era más bien minoritario, y trata que esta se extienda a otros campos en donde anteriormente no eran utilizadas, esto se debió a sus altos costes para su implementación y los pocos beneficios que inicialmente se esperaban al momento de usarse. (Management Solutions, 2018)

5.3.1 Aprendizaje supervisado

Este tipo de aprendizaje normalmente comienza con un conjunto de datos establecido y a su vez, una comprensión de cómo se clasifican. El propósito de este aprendizaje es detectar algunos patrones en datos en los que se puedan aplicar a un proceso de analítica. A través de algunas características que poseen los datos, se puede definir el significado de los mismos datos. Por

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

ejemplo, se puede crear una aplicación de Machine Learning basada en imágenes y descripciones escritas que diferencie entre millones de animales.

5.3.2 Aprendizaje no supervisado

El aprendizaje no supervisado se usa siempre y cuando un problema demande una gran cantidad de datos sin etiquetar. Ej: las apps de redes sociales como Snapchat, Twitter e Instagram contienen una gran cantidad de datos sin etiquetar. Al momento de comprender estos datos, es necesario un algoritmo que ayude a clasificar datos a través de patrones encontrados. Este aprendizaje por lo general realiza un procedimiento iterativo y a su vez analiza la información sin necesidad de la intervención de un humano, usando detección de spam. Existe mucha variedad para el spam, y los correos de mensajería electrónica para que, por medio de estos, los analistas denuncien una gran cantidad de Email unidireccionales. En este caso, se usan clasificadores de aprendizaje automático y este se basa en agrupaciones y asociaciones para identificar de una mejor manera el spam.

5.3.3 Aprendizaje reforzado

El aprendizaje reforzado es un tipo de entrenamiento basado en la conducta. Los algoritmos actuales toman comentarios que han sido analizados y conllevan a los usuarios a un mejor producto o resultado. Este aprendizaje se diferencia de otros tipos de formación controlados porque el sistema utilizado no se entrena con una muestra de datos. En otras palabras, el sistema aprende por ensayo y error. Por tanto, una serie de decisiones acertadas conducen a la integración de procesos para resolver el problema de forma más eficaz.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

5.4. Técnicas del aprendizaje supervisado que se utilizan para el procesamiento de lenguaje natural

5.4.1 Naive Bayes (NB)

Naive Bayes es una técnica del modelo de aprendizaje automático supervisado, el cual se utiliza para desafíos de clasificación como la regresión, que por lo general no hace uso de reglas, también para una variedad de decisiones u otra representación del clasificador.

Cabe resaltar que este método hace uso de la teoría de la probabilidad para asimismo poder encontrar la clasificación más probable de una instancia invisible. Este clasificador, combina dos probabilidades para cada ocasión (es decir, clase): la probabilidad previa y las probabilidades posteriores”.

El algoritmo Naive Bayes es un enfoque sencillo para realizar clasificaciones, esencialmente se refiere a agrupar o a etiquetar un conjunto de datos que se pueden adquirir de cualquier forma, por ejemplo: de un sensor o de una app.

Naive Bayes también hace uso del teorema de Bayes, siendo este un fundamento teórico para llevar a cabo una clasificación con dicho método. Es importante resaltar que el teorema de Bayes se adapta al propósito de clasificar, ya que este varía según la situación de estudio (Víctor, Kawsher, Labib y Latif, 2020).

5.4.2 La máquina de vectores de soporte (SVM)

La “SVM” fue ideada principalmente para resolver dificultades de clasificaciones de binarios, por tal razón, se conoció también como “hiperplano óptimo de decisión” por qué la solución que arrojaba era aquella en la que se clasificaban correctamente todas las muestras

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

disponibles, teniendo en cuenta que se debía poner el hiperplano de separación lo más distante posible de todas ellas. Las muestras más cercanas al hiperplano óptimo de separación se conocen como muestras críticas o vectores de soporte, que a este se le dio el nombre de “SVM” (Vapnik y Lerner, 1965 como se citó en Monroy y Pérez, 2005).

Las máquinas de vectores ofrecen una precisión mucho más alta en comparación con otros clasificadores como “La regresión logística y Los árboles de decisión”.

Esta utiliza una variedad de aplicaciones tales como:

- Detección de rostros
- Detección de intrusos
- Clasificación de correos electrónicos
- Artículos de noticias y páginas web

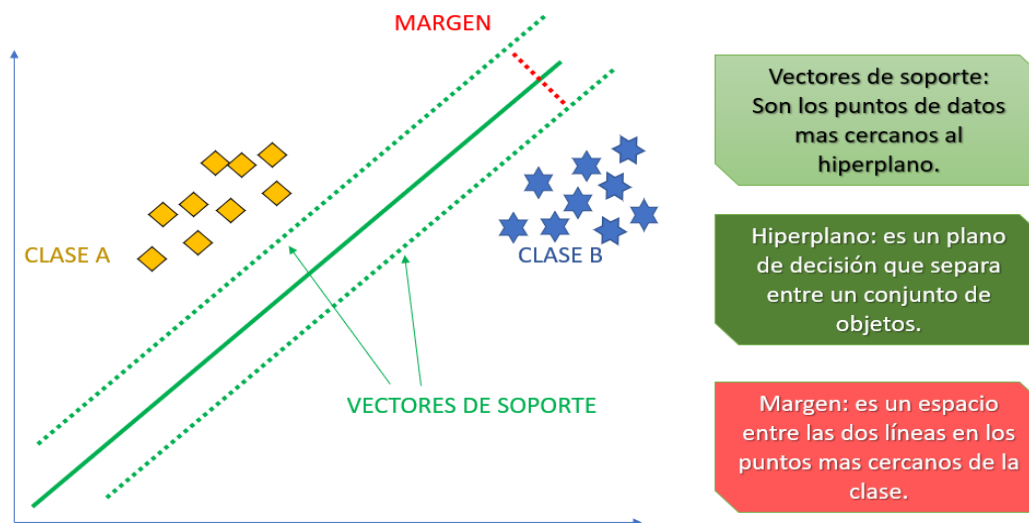
Por otro lado, la máquina de vectores se caracteriza por construir hiperplanos en un espacio multidimensional para separar las diferentes clases. Lo que hace es generar un hiperplano óptimo de forma interactiva que sirve para minimizar un error. La idea central de la máquina de vectores es encontrar un hiperplano marginal máximo, que mejor divida el conjunto de datos en clases. (Vapnik y Lerner, 1965 como se citó en Monroy y Pérez, 2005)

A continuación, se puede observar la representación gráfica del funcionamiento de esta técnica.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Figura 3

La máquina de vectores de soporte (SVM)



Fuente: Elaboración propia de la figura mostrada por Monroy y Pérez (2005).

5.4.3 Redes neuronales artificiales

Las RNA, redes neuronales artificiales son un modelo matemático inspirado en el comportamiento biológico de las neuronas y en la estructura del cerebro (Tablada y Torres, 2009), este tipo de neuronas están conformadas con elementos que se comportan de forma similar a las neuronas biológicas, simulando un cerebro humano.

Este sistema inteligente busca llevar a cabo tareas de manera distinta a como lo hacen los computadores actuales y están incluidos en la familia de algoritmos conocida como deep learning.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

El primer modelo matemático de una neurona artificial fue desarrollado por McCulloch y Pitts y fue creado con el objetivo de que esta pudiera realizar tareas simples y ha servido de inspiración para el desarrollo de otros modelos neuronales artificiales.

Para el procesamiento del lenguaje natural se utiliza un tipo de red recurrente, nombrada “Long Short - Term Memory”, la cual es empleada para la predicción de sentimientos y tiene como objetivo componer representaciones de palabras a través de una función compositiva flexible (Hammou y Lahcen, 2020), estas tienen la capacidad de aprender dependencias largas y tener una “memoria” a más largo plazo, es decir, amplían su memoria y permiten recordar por un largo periodo de tiempo.

Desde otra perspectiva se encuentran las redes neuronales convolucionales unidimensionales (CNN), las cuales son una clase de redes neuronales artificiales de aprendizaje profundo y retroalimentación en la que las conexiones entre nodos no forman un ciclo y utilizan una variación de perceptrones multicapa diseñados para requerir un preprocesamiento mínimo. Cuando se aplica CNN en cualquier dato de texto, se detecta un patrón en cada capa de convolución y el patrón podría ser una expresión de palabras de N-gramas”. (Patel y Thakore, 2019). Estas redes son diseñadas para el procesamiento de datos de dos dimensiones, reconocimiento de imágenes y señales de voz y pueden ser modificadas para la realización de tareas en una dimensión o varias dimensiones.

5.4.4 Bosque aleatorio (RF)

Los bosques aleatorios son conocidos como uno de los métodos de ensamble, debido a que tienen la capacidad de impulsar “métodos débiles” y convertirlos en “métodos fuertes”, con los cuales pueden hacerse predicciones precisas. También son una modificación de la metodología Bagging, la cual construye múltiples árboles basados en el algoritmo CART y posteriormente

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

combina las predicciones o clasificaciones entregadas por cada árbol, buscando reducir la alta varianza que tiene la respuesta de un árbol individual ante datos de prueba y por tanto mejorar el desempeño del método.

El bosque aleatorio o Random Forest es la extensión del árbol de decisiones y posee la ventaja de los métodos basados en árboles de decisión, como los bosques aleatorios. Tiene capacidad para manejar de forma natural predictores categóricos sin tener que transformarlos primero para que se utilice el bosque aleatorio (Víctor, Kawsher, Labib y Latif, 2020), estos están compuestos por un grupo de árboles “sin podar”, de los cuales se extrae alguna predicción o clasificación importantes.

Este método descrito tiene un sinnúmero de ventajas en su uso, dentro de ellas se encuentra que su desempeño puede ser superior al de los métodos paramétricos clásicos cuando hay presencia de efectos de interacción complejos entre las variables, además funciona de manera adecuada cuando se requiere identificar variables productoras informativas y posee un manejo implícito de datos faltantes y el procesamiento de variables cualitativas y cuantitativas sin la necesidad de crear variables indicadoras.

5.4.5 La regresión logística (LR)

La regresión logística es una técnica que por lo general varía y a través de esta podemos analizar la relación que tiene una variable no métrica dicotómica con un conjunto de variables independientes “métricas o no”.

Por lo general, la regresión logística, según la autora Celia Salcedo, en su artículo, Modelo de regresión logística del año 2002 (Salcedo, 2002), usa la misma estrategia de análisis que usa la Regresión lineal múltiple, teniendo en cuenta que su diferencia se da, a partir de que la Regresión logística posee una variable dependiente métrica.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Sistemáticamente, esta técnica posee dos objetivos:

1. Investigar cómo influye en la probabilidad de ocurrencia de un suceso, la presencia o no de diversos factores y el valor o nivel de estos.
2. Determinar el modelo más parsimonioso y mejor ajustado que siendo razonable describa la relación entre la variable respuesta y un conjunto de variables de regresión.

5.4.6 K- Nearest Neighbors (kNN)

Este método de clasificación, más conocido como “Los K - vecinos más cercanos” tiene como objetivo demostrar la similitud de un dato a otro de su misma vecindad. Siendo así este, pertenece entonces a la misma clase que la clase más frecuente de sus K - vecinos más cercanos. Esta regla o forma de trabajar, es ideal para abordar un problema de aprendizaje, debido a sus propiedades estadísticas que de alguna manera deben estar bien establecidas e implementadas en problemas reales.

Cabe resaltar que un método de aproximación simple, no paramétrico, está basado en la regla del vecino más cercano. Esta técnica se adapta fácilmente a la técnica de regresión de funciones con valores continuos.

Este algoritmo suele asumir que todos los datos deben pertenecer a R_p , y mediante a una medida de distancia en ese espacio se determinan los K datos más cercanos al nuevo dato X_q para aproximar una función $F: R_p \rightarrow R$ a partir de los K valores ya seleccionados.

$$\hat{f}(x_q) \leftarrow \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k f(x_i)$$

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

La función corresponde al promedio de los K valores más cercanos; si se considera el promedio aritmético (todos los datos dentro del grupo tienen igual relevancia), la función aproximación tiene la forma que se representa a continuación (Morales, Mora y Vargas, 2008, pp. 2).

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

Este capítulo se desarrolla a través de 3 secciones que corresponden al desarrollo de los objetivos específicos, acumulativamente dando cumplimiento al objetivo general del proyecto.

6.1. Identificación de los principales métodos de aprendizaje de máquina que hacen uso del lenguaje natural en interacciones sobre redes sociales para la detección de signos de la depresión.

Como punto de partida para el desarrollo de esta sección se consideró importante conocer las características clínicas de la depresión. Esto sirve como insumo para identificar qué tipo de información categórica es importante extraer de las fuentes textuales, permitiendo una lectura más amplia al momento de identificar los métodos de detección de la depresión por medio de algoritmos de aprendizaje de máquina.

Así como es importante conocer las características de la enfermedad que se clasifica por medio de estos algoritmos, también es importante conocer los orígenes de la información que los autores han utilizado en sus investigaciones como fuente primaria de datos, así como también el tipo de técnicas de limpieza y procesamiento de lenguaje natural que sufre la data para convertirse en un conjunto de datos de entrenamiento, prueba y validación en los diferentes trabajos revisados. Finalmente se identifican a modo de tendencia los métodos utilizados por los autores y los rangos de eficacia de estos.

6.1.1 Caracterización de la depresión

Según el DSM - V (Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales) la depresión es un trastorno mental que hace parte del grupo de los trastornos depresivos, al igual que

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

el trastorno de desregulación disruptiva del estado de ánimo, el trastorno de depresión mayor, el trastorno depresivo persistente (distimia), el trastorno disfórico premenstrual, el trastorno depresivo inducido por una sustancia/medicamento, el trastorno depresivo debido a otra afección médica y otro trastorno depresivo especificado y otro trastorno depresivo no especificado (American Psychiatric Association, 2014).

Dicha condición está caracterizada por un sentimiento constante de tristeza, pérdida de interés o placer (anhedonia), sentimientos de culpa o autoestima baja, alteraciones del sueño o del apetito, fatiga y falta de concentración, este trastorno puede perdurar en el tiempo y deteriorar de manera significativa la capacidad de desempeño de las personas en sus áreas de funcionamiento, como son, el laboral, el social, el familiar, etc.

La Organización Mundial de la Salud, por su parte define a la depresión como un trastorno del estado de ánimo que se caracteriza por la pérdida de la capacidad del individuo para interesarse y disfrutar de las cosas. Alteración que afecta de manera significativa la funcionalidad del individuo en sus principales áreas de actividad (OMS, 2003). Por esta razón este trastorno ha cobrado gran relevancia a medida que pasa el tiempo, pues afecta a una gran cantidad de la población.

El trastorno depresivo mayor representa el trastorno clásico de este grupo y es lo que comúnmente nombramos depresión en forma general. Se manifiesta por medio de episodios determinados de al menos dos semanas de duración, que implican cambios en el afecto, la cognición y las funciones neurovegetativas (American Psychiatric Association, 2014).

6.1.1.2 Características importantes para reconocer la depresión

Factores cognitivo-afectivos.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Son factores que involucran sentimientos o emociones provocados en el individuo como resultado de la relación entre las situaciones o experiencia vividas y procesos como el pensamiento, el lenguaje, la percepción, la memoria, la resolución de problemas y la toma de decisiones.

- Tristeza
- Pesimismo
- Sensación de fracaso
- Insatisfacción
- Culpa
- Ideas suicidas
- Irritabilidad
- Episodios de llanto
- Aislamiento social

Factores somáticos.

Son todos aquellos que experimentamos como síntoma, normalmente se manifiestan en el cuerpo y son el resultado de algunos procesos mentales.

- Insomnio
- Pérdida de apetito

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

- Pérdida de peso
- Bajo nivel de energía

El estudio de este trastorno es importante ya que las investigaciones señalan que se encuentra entre una de las enfermedades que más genera discapacidad a nivel global y que requiere atención inmediata pues en algunos casos las personas podrían considerar el suicidio como alternativa.

Cuando se habla de los trastornos mentales en general, se encuentra un panorama bastante complejo pues en la actualidad sigue siendo motivo de rechazo y de señalamiento tener algún tipo de estas enfermedades por el poco conocimiento que se tiene al respecto. Es por esto que cada vez se hace más necesario investigaciones y propuestas que apunten a buscar estrategias que fomenten la salud mental y detecten ciertas alertas que podrían afectar a la misma.

En el inventario de depresión de Aaron Beck, el cual contiene 21 ítems, referidos a síntomas depresivos, establece un puntaje de severidad de síntomas que van de 0 a 63 que se encuentra dividido en escalas, La Escala Cognitivo-Conductual de Evitación refleja diferentes estrategias de evitación para lidiar con problemas; la Escala de Respuesta de Rumia mide la tendencia a rumiar en respuesta a un estado de ánimo deprimido y el Inventario de Ansiedad de Beck evalúa síntomas de ansiedad (Beltrán, Freyre y Hernández, 2011).

Este inventario evalúa la **tristeza** con relación a la percepción del porcentaje de tiempo durante el cual una persona se siente triste; el **pesimismo** con relación a la percepción de un futuro desalentador o esperanzador; el **fracaso** con relación a la percepción de este percibido en la vida propia, la sensación de pérdida placer, de sentimiento de culpa, de sentimientos de castigo, de autocrítica, pensamientos suicidas, interés, llanto, indecisión, cambios en los hábitos de sueño, etc.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

6.1.1.2 Diccionario

A continuación, se describen una serie de conceptos asociados a la depresión desde el DSM – V:

Agitación: Estado desagradable de emoción o excitación extrema. Una persona agitada se puede sentir emocionada, excitada, tensa, confundida o irritable.

Autocrítica: Disposición que tienen las personas para admitir sus errores para su posterior corrección.

Cansancio: Sensación extrema de agotamiento o falta de energía, a menudo descrita como estar exhausto.

Castigo: Consecuencia de una acción, es el algo dirigido a cambiar el comportamiento de una persona.

Crisis: Cambio profundo y de consecuencias importantes en un proceso o una situación, o en la manera en que estos son apreciados.

Culpa: Acción u omisión que provoca un sentimiento de responsabilidad por un daño causado.

Dcaimiento: Falta de ánimo, desaliento.

Desaliento: Falta de fuerzas o ganas de hacer algo.

Desconcentración: Dificultad para concentrarse o prestar la atención necesaria a una actividad.

Desesperanza: Tendencia a hacer inferencias negativas sobre las causas, consecuencias e implicaciones para la propia persona que tienen los sucesos vitales negativos.

Desinterés: Poca disposición de energía, falta de entusiasmo por lo que se hace.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Desvalorización: Sensación de infravaloración que sufre una persona que no es capaz de observar todo su potencial tal y como es.

Disconformidad: Oposición, desunión, desacuerdo en los dictámenes o en las voluntades.

Dolor: Sentimiento intenso de pena, tristeza o lástima que se experimenta por motivos emocionales o anímicos.

Fatiga: Cansancio que se experimenta después de un intenso y continuado esfuerzo físico o mental.

Fracaso: Error o fallo que se produce en un proyecto, acción o deseo que una persona estaba realizando o planeaba llevar a cabo.

Hipersomnio: Trastorno del sueño en el que la persona está excesivamente somnolienta durante el día y tiene una gran dificultad para despertar del sueño.

Incertidumbre: Falta de seguridad, de confianza o de certeza sobre algo, especialmente cuando se refiere al futuro.

Indecisión: Falta de determinación ante una situación, vivida como conflictiva, que nos impide tomar una decisión.

Insomnio: Trastorno del sueño frecuente que puede causar dificultad para conciliar el sueño (quedarse dormido) o mantenerlo, puede ocasionar interrupciones en el sueño muy temprano y que no pueda volver a dormir.

Irritabilidad: Sentimiento de ira intenso que en ocasiones puede ser difícil de controlar.

Llanto: Derramar lágrimas en señal de dolor, tristeza, alegría o necesidad, o de fluir lágrimas de los ojos.

Miedo: Sensación de angustia provocada por la presencia de un peligro real o imaginario.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Pensamientos de muerte (ideación suicida): Suele ser un paso previo a la conducta suicida y consiste en pensamientos de terminar con la propia existencia.

Pérdida: Experiencia emocional humana, universal, única y dolorosa.

Pérdida de apetito: Situación que se da cuando se reduce el deseo de comer.

Pérdida de peso: Disminución del peso corporal, cuando no se está buscando bajar de peso.

Preocupación: Estado de desasosiego, inquietud o temor producido ante una situación difícil, un problema.

Problema: Asunto o cuestión que se debe solucionar o aclarar.

Rabia: Enojo grande que se manifiesta con palabras, gritos y ademanes bruscos y violentos.

Sentimiento de inutilidad: Estancamiento emocional o sensación de bloqueo vital, esos pensamientos críticos resultan en pensamientos negativos.

Sufrimiento: Sensación, consciente o inconsciente, que aparece reflejada en padecimiento, agotamiento o infelicidad.

Tristeza: Sentimiento de dolor anímico producido por un suceso desfavorable que suele manifestarse con un estado de ánimo pesimista, la insatisfacción y la tendencia al llanto.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

6.1.2 Identificación de los métodos de aprendizaje de máquina, sus fuentes y técnicas para la preparación de la data.

A partir de la revisión de treinta y ocho documentos entre artículos y trabajos de grado se logró identificar las principales redes sociales que son fuente para la extracción de datos utilizados para el entrenamiento de los diferentes métodos de detección de signos de la depresión.

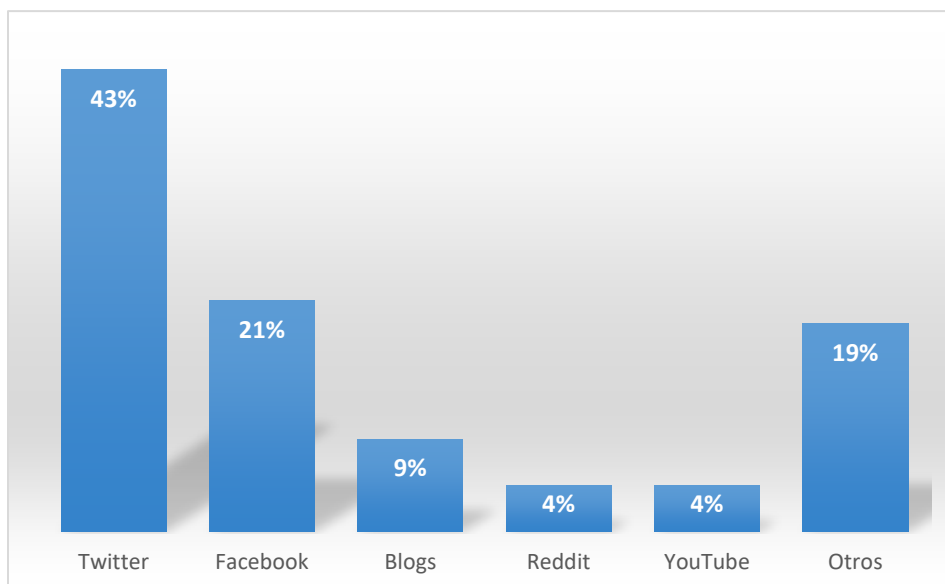
6.1.2.1 Redes sociales más utilizadas para la extracción de información.

En la figura 4 se pueden observar las redes sociales más comúnmente utilizadas en los treinta y ocho artículos seleccionados. En orden de importancia, la red social Twitter se configura como la red preferida como fuente de datos textuales, siendo este un sitio de acceso público para compartir, intercambiar y descubrir información; su preferencia se debe a que los tweets constan de 140 caracteres o menos y pueden contener ideas completas, además de varios tipos de información como archivos multimedia, fotos, videos y enlaces a artículos. Esta red brinda la mayor cantidad de datos fuente, representada gráficamente con un 43% del total. El segundo más utilizado es Facebook; plataforma que fue creada para compartir información, noticias y contenidos audiovisuales y representa el 21% de los datos expuestos en la gráfica. La tercera fuente más utilizada es el Blog, no se trata de uno en específico, si no de diversos blogs que suelen utilizarse para compartir cuentos, reflexiones, reseñas y publicaciones de diferente tipo con la intención de expresar ideas en textos cortos. El blog representa un 9% de las fuentes. La cuarta plataforma es Reddit, que es una aplicación que permite a los usuarios crear foros o canales de discusiones sobre temáticas variadas, esta y representa el 4% de los datos. Por último, la utilización de los comentarios a vídeos sobre la depresión y temáticas asociadas publicados en YouTube aportan al igual que Reddit, el 4% de los datos.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Figura 4.

Las redes sociales utilizadas como fuente para extraer datos



Fuente: Creación propia a partir de los datos de la literatura

De izquierda a derecha (1) TWITTER con 43% (2) FACEBOOK con 21% (3) BLOG con 9% (4) YOUTUBE con 4% (5) OTROS con 19%. En la categoría “otros” se encuentran otras redes como: Vkontakte, Derwent, Kaggle, Pinterest, Foro eRisk, Wikis, TikTok, Weibo, con porcentajes individuales menores al 3%.

6.1.2.2 Algoritmos de ML más utilizados en la revisión de literatura.

La figura 5 presenta los algoritmos de ML más utilizados en la revisión de la literatura, en los 38 artículos y trabajos de grado revisados, se encontraron 83 implementaciones diferentes de 14 tipos de algoritmos de aprendizaje de máquina que los autores utilizan para la detección de signos de depresión a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Las redes neuronales RN con 16 implementaciones (19.3%) se presentan como los algoritmos más utilizados para la clasificación de la depresión a través de datos textuales, la variedad de configuraciones de redes, así como su utilización en configuraciones profundas hace que estos algoritmos sean ampliamente utilizados en una gran variedad de aplicaciones de clasificación. Para la detección de la depresión muestran un buen nivel de exactitud promedio por encima del 84%.

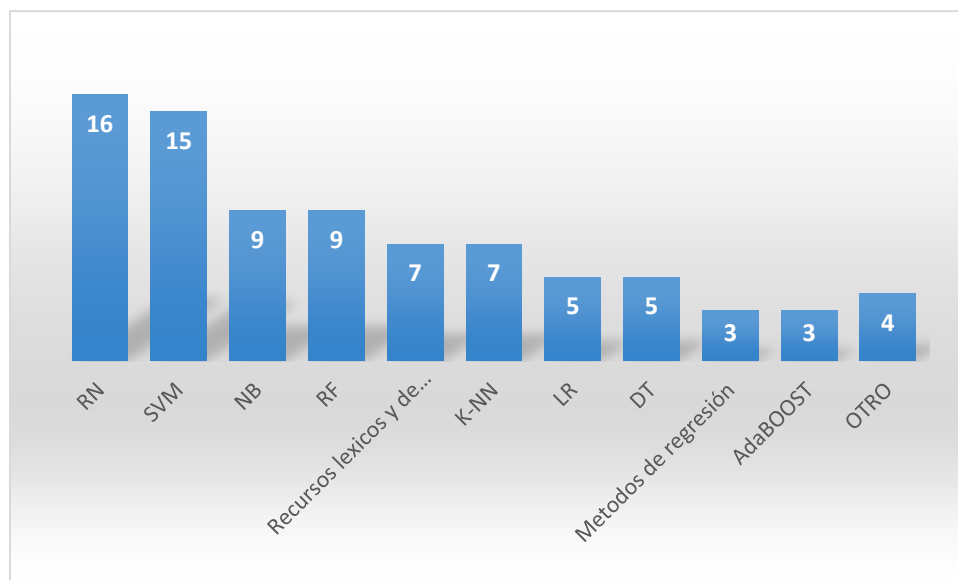
En segundo lugar, por frecuencia de uso, en la literatura revisada, las máquinas de soporte vectorial SVM presentan 15 implementaciones (18.1%). La posibilidad de crear combinaciones no lineales de las características originales para proyectarlas a un espacio de dimensiones mayores hace de las SVM Kernelizadas una alternativa de gran popularidad para resolver problemas de clasificación no lineal como es caso de la clasificación de fuentes donde se observan características textuales con signos de depresión de fuentes donde no se observan signos.

En contraste los algoritmos de Regresión Lineal y AdaBoost son los menos trabajados con 3 implementaciones (3.6%) cada uno.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Figura 5

Algoritmos más utilizados en la revisión de literatura.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la literatura

De izquierda a derecha (1) RN con 16, (2) SVM con 15, (3) NB con 9, (4) RF con 9, (5) Recursos léxicos y de corpus para análisis de sentimientos con 7, (6) K-NN con 7, (7) LR con 5, (8) DT con 5. (9) Métodos de regresión con 3. (10) AdaBOOST con 3. OTROS con 4 (coeficiente de correlación de Mathews (MCC), Maximum Entropy, mínimos cuadrados regularizados sesgado (RLS), asignación de Dirichlet latente (LDA)).

6.1.2.3 Preparación de los datos textuales

A partir de las lecturas realizadas, se logra identificar que la mayor parte de los artículos seleccionados emplean el procedimiento de limpieza de los datos textuales para la extracción de la información.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

En el procesamiento de datos, el método más utilizado es la clasificación, es decir, asignar categorías a todos los documentos en un corpus. Cuando se busca realizar una clasificación de textos se extraen un conjunto de características puntuales que describen los documentos, en este caso lo relativo a la depresión en jóvenes estudiantes, posteriormente se deben aplicar a estos un algoritmo diseñado para procesar y usar dichas características o atributos, con el fin de seleccionar la categoría apropiada de un documento específicos de redes sociales (Facebook, Twitter, Instagram, Vkontakte, Derwent, Kaggle, Pinterest). (Palomero, 2019, pg. 21)

El corpus presentado por estas redes sociales mediante textos, son los mensajes de los usuarios que comparten en sus redes, la cual permite conocer la percepción de un gran volumen de información textual de personas, relacionada con una situación o fenómeno en particular, tales como la depresión o poder identificar tendencias de aceptación o rechazo y analizar dicho sentimiento (Vera y López, 2019)

Para esto se utiliza como recurso base el diccionario psicolingüístico **LIWC** (Linguistic Inquiry and Word Count), **N-gramas** de palabras; además se emplea un algoritmo diseñado para procesar y usar dichas características o atributos como:

- **Análisis léxico:** Son transformación de un documento en palabras llamadas lexemas o expresiones para describir el contenido del texto. Se utiliza para definir cuáles términos pueden ser descriptores o no del documento, la frecuencia de los términos, los pesos de estos en el conjunto del texto y de la colección, y finalmente cómo se resuelve el tratamiento de los números y caracteres especiales. (Orué Medina, 2018 pg. 21)
- **Eliminación de palabras vacías:** La limpieza reduce considerablemente el peso de los textos y agiliza el trabajo, es posible eliminar números, espacios, vínculos a páginas en web, símbolos de puntuación, URL, hashtags y caracteres especiales.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

- **Wordcloud:** Permite generar nubes de palabras, visualizar diferencias y similitudes entre documentos y evitar el exceso de trazado en diagramas de dispersión. (Vera y López 2019 pg. 2)
- **RSentiment:** Permite analizar el sentimiento de una frase en inglés y le asigna una puntuación. Este paquete puede clasificar las frases en las siguientes categorías de sentimientos: positivo, negativo, neutro (Vera y López 2019 pg. 2)
- **Word embeddings:** Técnica para modelar el lenguaje que transforma el vocabulario de un corpus en un vector de representación para cada palabra
- **Word2Vec:** Técnica que aplica una red neuronal entrenada para el contexto lingüístico de las palabras o frases. Su entrada es básicamente un corpus largo, y las salidas son los embeddings que son vectores de representación para las palabras del corpus.

Después de organizar la información con las características seleccionadas, se da paso al entrenamiento de clasificador o identificador a través de los métodos machine learning ML

6.1.3 Exactitud de los algoritmos de ML para la identificación de la depresión a partir de fuentes textuales

Después de crear un modelo de aprendizaje automático y antes de implementarlo como aplicación final, el modelo debe evaluarse y probarse para asegurar que trabaja correctamente y cumple con los objetivos deseados. (Ichi.pro, 2020). La eficacia con la que trabaja un algoritmo de clasificación puede medirse utilizando la relación entre las clasificaciones falsas y verdaderas de cada clase.

Dónde:

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

- **TP (Verdadero Positivo):** el número de observaciones que el modelo clasificó como 'Positivas' y que en realidad son 'Positivas'.
- **FP (falso positivo):** el número de observaciones que el modelo clasificó como 'positivas' pero que en realidad son 'negativas'. También se denomina error de tipo 1.
- **TN (Verdadero Negativo):** El número de observaciones que el modelo clasificó como 'Negativo' y en realidad son 'Negativas'.
- **FN (falso negativo):** el número de observaciones que el modelo clasifica como "negativas" pero que en realidad son "positivas". También se denomina error de tipo 2

Exactitud: la métrica exactitud indica el grado de cercanía o proximidad entre un valor medido, o una serie de valores observados, con el valor real de alguna cosa. Así, la exactitud aumenta cuanto más cerca se encuentre una medición de un objeto con la medida real de dicho objeto. (Ichi.pro, 2020)

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$$

Simplemente es el número de predicciones correctas dividido por el número total de predicciones. La precisión es adecuada para problemas de clasificación binarios y de clases múltiples, siempre que las clases estén bien balanceadas.

Precisión: es utilizado como sinónimo de exactitud con frecuencia en la vida cotidiana. Sin embargo, la precisión se refiere al grado de proximidad o cercanía de los resultados de diferentes mediciones entre sí, mientras que la exactitud es la cercanía del valor de una medición al valor real de aquello que se mide. (Ichi.pro, 2020)

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Representa cuántos positivos son realmente verdaderos de todos los positivos previstos por el clasificador. La precisión es:

$$\text{Precisión} = \frac{TP}{TP + FP}$$

Recuperación, recuento, sensibilidad o tasa de verdaderos positivos (TPR): Indica, de todos los valores realmente positivos, cuántos se predicen como positivos. Es la proporción de predicciones positivas correctas con respecto al número total de casos positivos en el conjunto de datos.

$$\text{Recall o TPR} = \frac{TP}{TP + FN}$$

Precisión y recuperación miden los dos tipos de errores (FP y FN). Maximizar la precisión minimiza los falsos positivos. Al maximizar el recuerdo o recuperación, se minimizan los falsos negativos. (Ichi.pro, 2020).

Especificidad: Indica, de todos los valores realmente negativos, cuántos se predicen como negativos. Es la proporción de predicciones negativas correctas con respecto al número total de casos negativos en el conjunto de datos.

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN + FP}$$

Suele ser útil trabajar con la métrica opuesta de la especificidad FPR también conocida como tasa de falsos positivos.

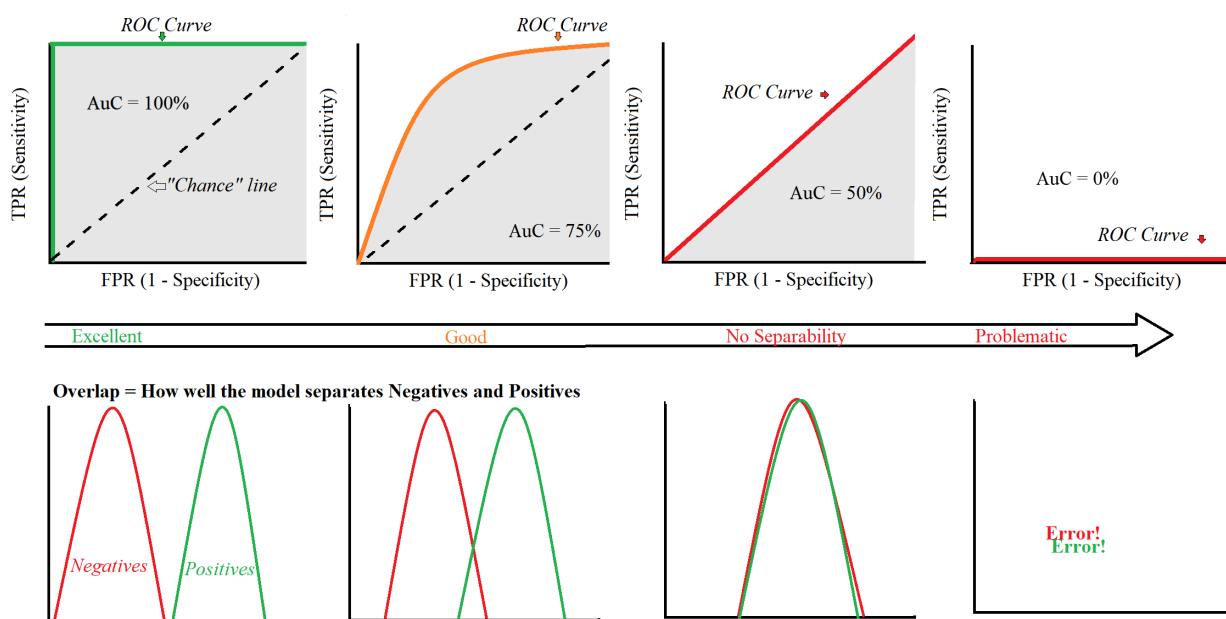
$$\text{FPR} = \frac{FP}{FT + TN}$$

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Curva ROC / AUC: ROC (característica del operador del receptor), AUC (área bajo la curva) y, a veces, se escribe como AUROC (área bajo las características operativas del receptor). La curva ROC es un gráfico que muestra el rendimiento del modelo de clasificación en diferentes umbrales.

Figura 6

Curva ROC



Fuente: Glen (2019)

ROC es una curva de probabilidad y AUC representa el grado o medida de separabilidad. Indica cuánto puede distinguir el modelo entre clases. Representa TPR frente a FPR en diferentes umbrales de clasificación. Reducir el umbral de clasificación clasifica más elementos como positivos, por lo que aumentarán tanto los falsos positivos como los verdaderos positivos. (Ichi.pro, 2020).

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Estas métricas son especialmente favorables para describir la clasificación entre muestras homogéneamente distribuidas, pero cuando las clases están desbalanceadas la puntuación F-Beta es una mejor forma de representar la eficacia del sistema.

Puntuación F-Beta: El parámetro Beta permite decidir cómo equilibrar el balance entre precisión y TPR. Cuando la precisión es más importante que la sensibilidad (es más importante minimizar los FP que los FN), se fija un $B < 1$ (generalmente $B = 0,5$).

$$FB\ Score = (1 + B^2) \frac{Precision * Recall}{B^2 Precision + Recall}$$

Si la sensibilidad es más importante que la precisión (es más importante minimizar el FN que los FP), se fija un valor $B > 1$ (usualmente $B = 2$). Si se quiere equilibrar se utiliza $B = 1$ (conocido como F1 score o media armónica).

Para una primera identificación de la eficacia de los algoritmos del ML se utiliza la métrica de exactitud como parámetro de comparación.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tabla 2

Métricas de eficacia de los algoritmos de ML para la identificación de la depresión a partir de fuentes textuales.

Métodos	Exactitud promedio	Máxima	Mínima	Desviación estándar
RN	84%	97%	46%	0,202
SVM	77%	93,7%	47,4%	0,131
NB	72%	99%	39%	0,184
RF	85%	96%	69%	0,107
Recursos léxicos y de corpus para análisis de sentimientos	86%	96%	77%	0,066
K-NN	68%	90%	41%	0,216
LR	77%	90%	59%	0,152
DT	72%	90%	35%	0,224
Métodos de regresión	82%	89%	74%	0,078
AdaBOOST	68%	81%	55%	0,13

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

De izquierda a derecha (1) RN, (2) SVM, (3) NB, (4) RF, (5) RECURSOS LÉXICOS Y DE CORPUS PARA ANÁLISIS DE SENTIMIENTOS, (6) K-NN, (7) LR, (8) DT, (9) MÉTODOS DE REGRESIÓN, (10) AdaBOOST.

En la Tabla 2 se observan las medias de exactitud promedio, mínima y máxima que tiene cada agrupación de implementaciones del algoritmo de aprendizaje de máquina, en la detección de signos de depresión a partir de datos textuales extraídos de redes sociales. La desviación estándar indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media.

Se observa que, según la exactitud promedio de todas las implementaciones, los mejores resultados fueron obtenidos por los algoritmos de Bosque Aleatorio con un 85% y Redes Neuronales con un 84%; por otro lado, los resultados menos significativos en este mismo ámbito los obtuvo AdaBOOST con un 68% y K-vecinos con el mismo porcentaje. De todas las implementaciones revisadas en la base documental quien reporta la máxima exactitud en la detección de la depresión es una implementación de un clasificador Naive Bayes de sentimientos positivos y negativos a partir de palabras de valor (opiniones) extraídas de twitter propuesto por Alzahrani en su trabajo *Development of IoT Mining Machine for Twitter Sentiment Analysis* (2018 pg. 93) con una exactitud del 99%, seguido de una implementación de un sistema basado en una red neuronal con propagación hacia atrás (Back propagation neural network (BPNN)) y ajuste de entropía con un vector de palabras objetivo propuesto por Trappey, Trappey y Hsieh en su trabajo *An intelligent patent recommender adopting machine learning approach for natural language processing* (2021 pg. 8) con 97% . En el otro lado del espectro, los algoritmos con menores porcentajes de exactitud se le atribuyen a una implementación de Naive Bayes con 39% y de un Árbol de Decisión con 35% implementados por Palomero (2019 pg. 59) en su trabajo de pregrado *Textos de usuarios con depresión: atributos que los representan y posible detección*, donde busca

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

entrenar las máquinas para clasificar a partir de unigramas de etiquetas POS como única fuente de datos de entrada.

Se puede concluir de este primer análisis que el comportamiento de los algoritmos de clasificación automática depende en gran medida de la calidad de la data de entrenamiento y validación. A más información que se extraiga del corpus en forma de variables de entrada hay mayor posibilidad de encontrar un alto porcentaje de eficacia en la detección. Esto implica que el preprocesamiento de la fuente textual para la extracción de características con las herramientas de procesamiento de lenguaje natural es fundamental para el funcionamiento general del sistema de detección automática.

6.2. Caracterizar los algoritmos identificados a partir de criterios de eficacia

Con el fin de identificar los mejores métodos y dar respuesta al objetivo 2 planteado en esta propuesta investigativa, se seleccionaron 6 trabajos de la base documental primaria de 38 investigaciones. La selección se basó en que fueran trabajos relacionados con los 4 mejores métodos identificados en el objetivo 1, que tuvieran un porcentaje de exactitud promedio mayor al 85%, que trabajaran directamente la detección de la depresión y que utilizaran como fuente directa las redes sociales. Es importante resaltar que dichos métodos demostraron tener mejor eficacia que los demás, es por esto que fueron elegidos, por otra parte, algunas de las implementaciones no se tuvieron en cuenta porque no trabajaban directamente con la depresión, sino con análisis de sentimientos u otras enfermedades como trastorno de estrés postraumático (PTD), anorexia, psicosis o intentos de suicidio.

Se excluyeron las implementaciones que no utilizan como fuente directa publicaciones e interacciones en las redes sociales, sino documentación clínica, historiales de ingreso, resultados

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

de pruebas diagnósticas clínicas en espacios controlados u otras fuentes de diagnóstico directo. Los trabajos seleccionados a menudo muestran más de una implementación de detección automática de la depresión, se incluyeron solo las propuestas directamente relacionadas con los 4 métodos identificados como los más trabajados y se filtraron para caracterizar sólo aquellos que por sus resultados de eficacia se mostrarán como los más apropiados para la detección de depresión a partir de fuentes textuales en redes sociales.

Teniendo en cuenta los objetivos propuestos, se escogieron los algoritmos más utilizados para, así mismo, siguiendo los parámetros de la investigación, obtener los métodos más eficaces que, además, trabajen con redes sociales y aborden la temática de la depresión con un puntaje superior a 85%. Entre estos están las redes neuronales (RN), Máquinas de soporte vectorial (SVM), Nave Bayes (NB), Bosque aleatorio (RF) siendo estos los mejores cuatro métodos de Machine Learning ML.

A continuación, en las Tablas 3, 4, 5 y 6 se analizarán los 4 algoritmos de ML seleccionados, integrando las características comunes de las 15 implementaciones referidas en los trabajos escogidos a partir de: las redes sociales utilizadas como fuente, las técnicas de preprocesamiento del texto, las características extraídas para la conformación de la data set, el algoritmo utilizado identificando su tipo y si sufre modificaciones o adaptaciones, y las métricas de eficacia con las que se validan sus resultados.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tabla 1. *Redes Neuronales (RN)*

Redes sociales	Técnicas que utiliza en preprocesamiento del texto	Características para identificar la depresión	Métodos	Resultados				
				Exactitud	Precisión	Recall	F1 Score	- AUC
Twitter	Muestras entre 596 a 5000 datos.	Polaridad, resultado de análisis de sentimientos LIWC.	Averaged Perceptron	94,9%	100%	72,7%	84,2%	89,2%
	Análisis documental: los datos son etiquetados manualmente por un experto en psicología.	Presencia o ausencia de los 100 patrones (palabras, frases) representados en las pruebas de depresión.	Perceptrón multicapa (MLP)	91,0%	90%	92%	93%	N.R.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Análisis de los datos
a través del
Inventario de
Depresión de Beck
II, Sacks⁴.

Análisis léxico: limpieza del conjunto de datos filtrando cada tweet	Acomodación del conjunto de datos: depresivo seguido de uno no depresivo	Deep Neural Network (DNN)*	89,8%	77,8%	63,6%	70%	84,1%
---	---	---	-------	-------	-------	-----	-------

⁴ **Beck II:** El constructor de Depresión puede ser medido a través del Inventario de Depresión de BDI-II el cual consiste en 21 ítems puntuados en una escala Likert de 4 puntos donde mayor será la severidad de la depresión cuando el puntaje sea más alto.

Frases Incompletas Sacks: es una prueba proyectiva verbal, de diagnóstico en diversas áreas de relaciones sociales Consiste en una hoja de 60 frases incompletas distribuidas en 15 que aluden a diversos ámbitos de la vida de una persona deben hacerlo completando las frases con lo primero que se les ocurra. Se busca que, de esta manera, proyecten sus ideas, valores, creencias, anhelos, fantasías, temores, etc. (Orué Medina,2018 pg. 25)

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

y removiendo signos de puntuación, palabras vacías, emoticones y espacios en blanco.	consecutivamente.							
Procesamiento de stemming: cambiar palabras conjugadas por su raíz agrupar y palabras similares, términos (sufijos, prefijos).	Vector de palabras.	Redes de Memoria a corto plazo (LSTM)	86,3%	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
Vectores de palabras: enfoque de bag of words (bolsa	Vector de frecuencias.	*Tamaño promedio 128						

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

de palabras), Word	neuronas, 5
to vec, TF-IDF y	capas, 20
Word Count.	épocas de
	entrenamie
	nto.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos reportados (Orué Medina, 2018), (Uddin, Bapery, y Arif, 2019)

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tabla 2. Máquinas de soporte vectorial (SVM)

Redes sociales	Técnicas que utiliza en preprocesamiento del texto	Características para identificar la depresión	Métodos	Resultados				
				Exactitud	Precisión	Recall	F1 - Score	AUC
Twitter	Muestras entre 596 a 3500 datos.	Etiquetado manual del conjunto de datos en (positivo, negativo, neutro)	Máquinas de soporte vectorial (SVM)	93.2%	100%	63.6%	77.8%	91.5%
Facebook				91%	83%	79%	N.R.	N.R.
Reddit				90%	89%	93%	91%	N.R.
	Análisis documental: los datos son etiquetados manualmente por un experto en psicología.	N gramas: análisis de coocurrencia de palabras, sílabas y palabras múltiples	SVM con vector de texto por conteo de palabras	90.1%	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

		(SVM with CV)					
Análisis de los datos a través del Inventario de Depresión de Beck II, Sacks.	POS Tagging (etiquetado de partes del discurso): Etiquetado de verbos, nombres y adjetivos	SVM con vector de texto por frecuencia de ocurrencia (SVM with TF_IDF)	90,3%	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
Preprocesamiento: Tokenización: dividir el párrafo en oraciones y luego, oraciones en palabras (unigramas)	Diccionario LIWC: etiquetas de emociones como ansiedad, tristeza,						

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

	emoción positiva o negativa.
--	------------------------------

Análisis léxico: Se limpian los conjuntos de datos filtrando cada tweet, signos de puntuación, espacios en blanco, duplicaciones y todas las URL	Vector de palabras.
--	---------------------

Procesos de stemming (eliminación automática): cambiar palabras conjugadas por su raíz. agrupar y palabras similares	Vector de frecuencias.
--	------------------------

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Bolsa de palabras:
utiliza el vectorizador
TF-IDF and Word
Count.

Características
lingüísticas (artículos,
verbos auxiliares,
adverbios,
conjunciones,
pronombres
impersonales y
personales, negaciones,
preposiciones y verbos)

Fuente: elaboración propia a partir de los datos (Orué Medina, 2018), (Victor, Kawsher, Labib, y Latif, 2020), (Hussain, Hassan, Hussain M., Sadiq, y Lee, 2017), (Tadesse, Lin, y Yang, 2019)

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tabla 3. *Bosque Aleatorios (RF)*

Redes sociales	Técnicas que utiliza en preprocesamiento del texto	Características para identificar la depresión	Métodos	Resultados				
				Exactitud	Precisión	Recall	F1 - Score	AUC
Twitter	Muestra 596 a 30000	Etiquetado manual del conjunto de datos en (positivo, negativo, neutro)	Bosque aleatorio con word2vec (RF)	89%	91%	90%	90%	N.R.
Facebook								
Vkontakte								
Reddit								

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Análisis documental: se etiquetó manualmente por un experto en psicología; o análisis de los datos a través de los datos recolectados de Inventario.	Diccionario LIWC: análisis de sentimientos	Bosque aleatorio con tf-idf (RF)	96%	96%	96%	96%	N.R.
Preprocesamiento: Tokenización: Se divide el párrafo en oraciones y luego, oraciones en palabras (unigramas)	Mensaje vectorizado	Bosque aleatorio (RF)	85%	83%	87%	85%	N.R.
Se limpia el conjunto de datos filtrando cada tweet, signos de puntuación, espacios en blanco,	Etiquetado automático con palabras: boot de scrapping:	Bosque aleatorio con vector de texto por	90,3%	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

duplicaciones y todas las URL	suicidio; suicidio; mi nota de suicidio; mi carta de suicidio; acabar con mi vida; nunca despertar; no puedo seguir; no vale la pena vivir; listo para saltar; dormir para siempre; querer morir; estar muerto; mejor sin mí; mejor morir;	conteo de palabras (RF with CV)
-------------------------------	---	--

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

plan de suicidio;
 pacto de
 suicidio;
 cansado de
 vivir; no quiero
 estar aquí; morir
 solo; quedarse
 dormido para
 siempre

Procesos de stemming
 (eliminación automática)
 aplicaron la raíz para reducir
 las palabras a su forma raíz
 y agrupar palabras similares
 o utilizó el lematizador

**Bosque
 aleatorio con
 vector de
 texto por
 frecuencia
 de
 ocurrencia
 (RF with**

90,3%

N.R.

N.R.

N.R.

N.R.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

<p>“MyStem” de Yandex o biblioteca nltk.</p>	<p>TF_IDF)</p>
<p>El vectorizador TF-IDF and Word Count. bolsa de palabras, CountVectorizer, TfidfVectorizer y Word2Vec</p>	
<p>Desarrolló Telegram Bat, que recolecta publicaciones publicadas en tiempo real</p>	

Fuente: elaboración propia a partir de los datos (Victor, Kawsher, Labib, y Latif, 2020), (Tadesse, Lin, y Yang, 2019), (Narynov, Mukhtarkhanuly, y Omarov, B., 2020)

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tabla 4. *Naive Bayes (NB)*

Redes sociales	Técnicas que utiliza en preprocesamiento del texto	Características para identificar la depresión	Métodos	Resultados				
				Exactitud	Precisión	Recall	F1 - Score	AUC
Twitter Facebook	Muestra entre 596 a 3500 datos.	Etiquetado manual del conjunto de datos en (positivo, negativo, neutro)	Naive Bayes (NB)	93,2%	88,9%	72,7%	80%	91,7
				83%	88%	82%	N.R.	N.R.
	Análisis documental: se etiqueta manualmente	N gramas: análisis de coocurrencia de	Naive Bayes con vector de texto por	90,1%	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

por un experto en psicología.	palabras, sílabas y palabras múltiples	conteo de palabras (NB with CV)						
Análisis de los datos a través de los datos recolectados del Inventario de Depresión de Beck II, Sacks	POS Tagging (etiquetado de partes del discurso): Etiquetado de verbos, nombres y adjetivos.	Naive Bayes con vector de texto por frecuencia de ocurrencia (NB with TF_IDF)	90,3%	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	
Preprocesamiento: Tokenización: divide el párrafo en oraciones y luego, oraciones en palabras (unigramas)	Identificación de negaciones para cambio de significado.							

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Análisis léxico: se limpian los conjuntos de datos filtrando cada tweet, signos de puntuación, espacios en blanco, duplicaciones.

Procesos de stemming (eliminación automática) cambiar palabras conjugadas por su raíz agrupar y palabras similares

Se utiliza el enfoque de (bolsa de palabras),

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Count Vectorizer y

TfIDF Vectorizer.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos (Orué Medina, 2018), (Victor, Kawsher, Labib, y Latif, 2020), (Hussain, Hassan, Hussain M., Sadiq, y Lee, 2017)

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

A partir de la caracterización de los 4 métodos mostrados en las tablas, se puede ver que los tipos de algoritmos estudiados funcionan mucho mejor cuando se trabajan grandes conjuntos de datos de entrenamiento con una muestra suficientemente variada, además, muchos de los resultados de los clasificadores dependen de la calidad de las características con las que se alimenta la data.

Se debe resaltar que en las tablas en donde se postean cada una de las características de los métodos estudiados, muchos comparten estadísticas similares, además de esto, también es evidente que las técnicas de preprocesamiento son las mismas, por lo que fue mucho más fácil identificar las diferencias que se encuentran en estos 4 métodos utilizados a partir de las métricas de los resultados para finalmente determinar el método más compatible con este trabajo investigativo.

En la mayoría (60%) de las implementaciones analizadas de los 4 métodos seleccionados como los más eficientes y relevantes en la literatura, se integró un profesional de psicología que pudiera etiquetar de forma manual los datos recogidos; el resto de las implementaciones utilizó etiquetado automático. En algunos casos (27%) se emplearon indicadores característicos del Inventario de Depresión de Beck II y el Test de Frases Incompletas de Sacks para realizar un etiquetado automático de los registros con signos de depresión (Orué Medina, 2018), (Narynov, Mukhtarkhanuly, Omarov, Kozhakhmet y Omarov, B., 2020). El etiquetado automático cumple la misma función que el experto humano, pues detecta palabras y frases relacionadas con signos y síntomas depresivos a partir de un diccionario de palabras asociadas a las manifestaciones de la depresión.

Por otro lado, es evidente que la eliminación de palabras vacías es una técnica que se utilizó en los 4 Algoritmos (Redes neuronales, Naive bayes, máquina de soporte vectorial y Bosques

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

aleatorios) la cual tiene como propósito reducir considerablemente el peso de los textos y agilizar el trabajo, este proceso se realiza eliminando espacios, caracteres numéricos, entre otros.

Dando respuesta a la pregunta orientadora realizada en la definición de la búsqueda “¿Cuáles son los principales métodos de aprendizaje de máquina que hacen uso de información textual en lenguaje natural extraída desde redes sociales para la detección de signos de la depresión en población joven?” se logró identificar por medio del desarrollo del primer objetivo 10 métodos del aprendizaje automático frecuentemente utilizados para la detección de diversas enfermedades de la salud mental y psicológica; sin embargo, con el desarrollo del segundo objetivo son los 4 algoritmos mencionados anteriormente (Máquina de soporte vectorial, Naive bayes, Redes neuronales y Bosques aleatorios) quienes directamente abordan la detección de la depresión desde fuentes textuales extraídas de interacciones cotidianas sobre las redes sociales, logrando además, resultados con altas métricas de eficacia.

6.3. Analizar los resultados de la caracterización con el fin de determinar comparativamente cuál método se adapta mejor para su uso con población jóvenes estudiantes.

Del análisis de la caracterización de los 4 métodos de aprendizaje de máquina identificados como los más eficaces para la detección de signos de depresión sobre lenguaje natural minado desde redes sociales, se identifica que las Redes Neuronales son uno de los métodos más idóneos, ya que se pudo demostrar no solo por la cantidad de antecedentes (libros e investigaciones) sino también por las métricas de eficacia reflejadas en la tabla 3 y su diversidad de tipos, que potencialmente se adaptaría bien a una implementación de apoyo diagnóstico o alerta temprana en línea, destinada a la población jóvenes estudiantes. Por otro lado, las Máquinas de vectores de soporte también evidencian un comportamiento óptimo, pues su cantidad de implementaciones y

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

el porcentaje de exactitud y precisión son significativamente altos, muy próximos a los resultados obtenidos con las redes neuronales.

Al comparar estos dos métodos (Redes Neuronales, Máquina de Soporte Vectorial) es evidente que la Exactitud en las redes neuronales de las implementaciones con perceptron es en promedio 93.0% lo que indica un bajo nivel de error, Si lo confrontamos con Exactitud Máquina de Soporte Vectorial la Exactitud promedio 90,4%, si medimos los dos métodos es superior Redes Neuronales con 94.9%, la Precisión promedio de las dos mejores implementaciones del perceptron Redes Neuronales 95% ,entre las dos mejores Máquina de Soporte Vectorial en promedio 90.7% si lo comparamos los dos métodos es superior Redes Neuronales, esto indica que hay una identificación errónea de falsos positivos más baja en Redes Neuronales que en Máquina de Soporte Vectorial, el Recall (Tasa de Verdaderos Positivos), Redes Neuronales con perceptron las dos mejores en promedio 82.4%, si lo comparamos con las dos mejore de Máquina de Soporte Vectorial en promedio 78,5% estos nos indica que tiene menos errores en falsos negativos , F1-Score en si medimos los dos métodos Redes Neuronales basados en perceptrón, en promedio 88.6% ,en contrario en Máquina de Soporte Vectorial en promedio 84,4% si lo comparamos los dos métodos es superior Redes Neuronales esto nos indica que hay una mejor relación entre falsos positivos y falsos negativo, lo que de alguna manera nos indica que la proporción de datos que fueron correctamente identificadas por el primer método descrito es mayor, siendo este más efectivo, por tal razón se trabajó única y exclusivamente con este (Redes Neuronales).

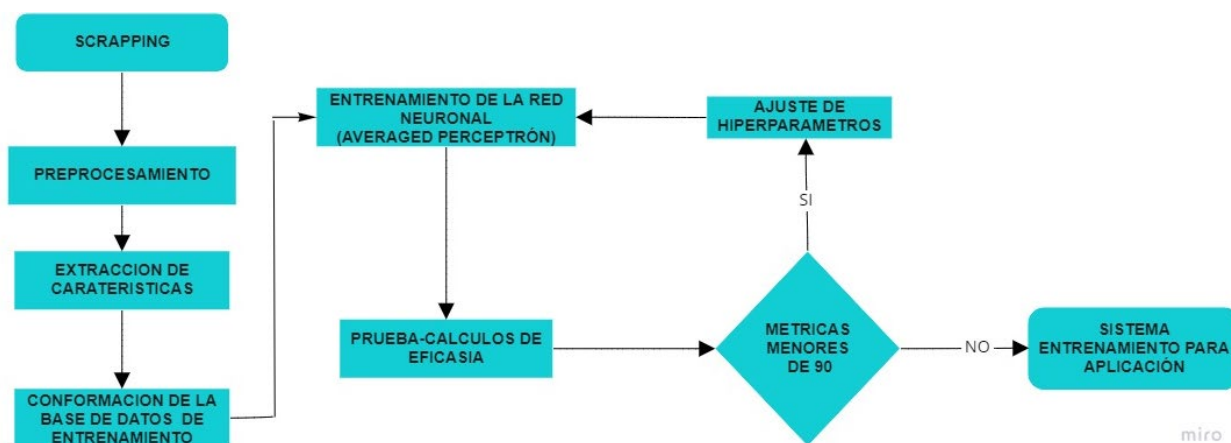
A partir del marco teórico se logra identificar que la red social que genera mayor impacto entre los jóvenes estudiantes colombianos es Facebook, debido a que esta se encuentra según (la Figura 1) entre las redes sociales más utilizadas a nivel nacional, con una atribución del 93,6%. Además de que según las características de la presente propuesta investigativa es la red social más

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

adecuada, pues cuenta con la posibilidad de publicar textos que reflejan el estado de ánimo de los jóvenes.

Figura 7

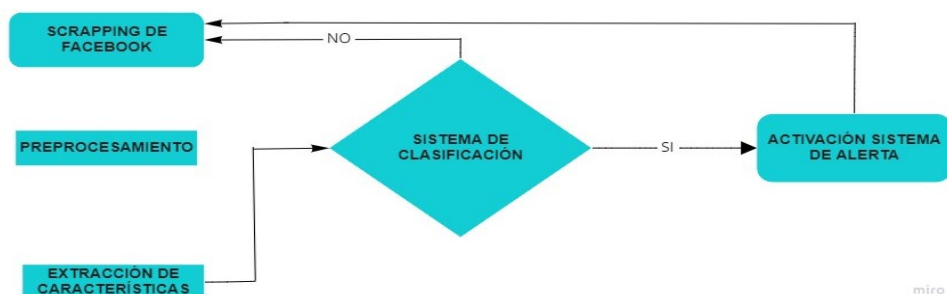
Diagrama de flujo de entrenamiento del algoritmo



Fuente: elaboración propia

Figura 8

Diagrama de flujo sistema final funcional



Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Fuente: elaboración propia

Es importante realizar un análisis de los anteriores diagramas de flujo presentados, que dan una descripción detallada del funcionamiento del método que se escogió para la extracción de la data en la red social Facebook y su posterior procesamiento y clasificación en registros con o sin signos de depresión.

Para entrar en contexto es importante reconocer algunos conceptos que se usaron en los diagramas, como lo es el Preprocesamiento, siendo este, la etapa donde se alimenta el modelo con grandes cantidades de datos y se hacen predicciones. Sobra resaltar que el desempeño del modelo será tan bueno como la calidad de los datos que se logren capturar. Por otro lado, el Scrapping, es una técnica de programación que facilita la extracción de la información de sitios web de forma automática y en su mayoría de veces, este funciona por medio de una “API” que simula ser un navegador por medio de un lenguaje de programación y con ello extrae la data.

Anterior al preprocesamiento se realiza una limpieza a los datos para que se obtenga una extracción impecable. Teniendo en cuenta lo anterior, es relevante saber que no siempre la máquina va a detectar una depresión generando el mismo tipo de alerta, puesto que no siempre se considerará que ésta sea grave y esto depende de la data que se extrae y primero que todo, del entrenamiento previo que se le da a la máquina por medio de usuarios que hayan tenido algún tipo de registro y a través de un profesional se determina si es positivo para depresión o no lo es.

De lo anterior se puede deducir que las Redes Neuronales han sido creadas para simular el cerebro humano y tienen la capacidad de entender según los datos que se le entreguen. Existen varios tipos de Redes Neuronales, entre ellos se encuentran, Deep Neural Network, El Perceptrón Multicapas y El Averaged Perceptrón siendo estos dos últimos los que se recomiendan en la

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

presente investigación para la implementación del clasificador porque tienen muy buenos resultados sin ser tan pesados en el uso de recursos de hardware al momento de su implementación.

Esta investigación elige el método de Averaged Perceptrón como tipo de Red Neuronal, ya que arrojó muy buenos resultados en la Exactitud, la Precisión, el Recall, F1- Score y el AUC como se registró en las tablas anteriores y, además, por su manera ágil de operar que se logra destacar en este tipo de proyectos investigativos, siendo ampliamente usado en tareas de etiquetado automático de palabras.

Por otro lado, es importante reconocer que la técnica de Redes Neuronales “Deep Neural Network” también arrojan buenos resultados, pero tienden a ser algoritmos muy complejos (tiempos de cómputo y consumo de recursos de máquina) al momento de entrenarse e implementarse para aplicaciones en línea, ya que utiliza muchas más capas a comparación del Perceptrón y no es conveniente para aplicaciones de tiempo real porque en dichos casos se requiere que la aplicación sea más liviana.

Esta investigación busca identificar a través de las Redes Neuronales (método de mayor eficacia según los análisis y tablas realizadas), signos de depresión en jóvenes estudiantes.

Esto se realizará por medio de etapas: *la primera* de ellas busca generar alertas según el vocabulario o palabras que utilicen en las publicaciones de la red social Facebook, posterior a esto y como *segunda etapa* es importante el apoyo en el análisis de sentimientos, el cual busca “extraer de manera automática y mediante técnicas computacionales información subjetiva expresada en el texto de un documento dado y acerca de un determinado tema; de esta forma, mediante el análisis de sentimientos se podrá saber si un texto presenta connotaciones positivas o negativas” (Pauli, 2019, p.13), además del diccionario LIWC, el cual “calcula el porcentaje de participación de palabras presentes en un texto escrito” (Garzón, Barreto, Medina, 2021).

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Finalmente la caracterización de la depresión, la cual fue desarrollada en uno de los apartados anteriores, permite identificar la depresión como trastorno, el cual está determinado por sentimientos de tristeza, pérdida de interés, sentimientos de culpa, alteraciones del sueño, entre otros, con esto se busca que a través del método más eficaz (Redes Neuronales) se puedan arrojar alertas de síntomas depresivos, lo cual constituirá a la *tercera etapa*, además de tener una nube de palabras con expresiones coloquiales que puedan generar también avisos acerca de esta conducta, un ejemplo de esto serian: “Me siento muy triste”, “Ya no quiero luchar más”, “Me quiero morir”, “No hago nada bien”, “Me es imposible conciliar el sueño”, “No soy importante para nadie”, etc; estas frases necesitan ser identificadas a través de un estudio exploratorio con el fin de determinar las expresiones más utilizadas por los jóvenes para referirse a depresión o aspectos relacionados con esta.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Al iniciar esta propuesta investigativa se planteó la pregunta orientadora *¿Cuáles son los aspectos fundamentales para la detección de signos de depresión en jóvenes, a través de los algoritmos de aprendizaje de máquina que hacen uso del lenguaje natural en redes sociales?* Para dar respuesta a esta se dividen en cuatro etapas, como **primera etapa** se lograron identificar 10 métodos del aprendizaje automático frecuentemente utilizados para la detección de diversas enfermedades de la salud mental y psicológica. Posterior a esto como **segunda etapa** se seleccionaron los métodos que abordan específicamente la depresión, los cuales fueron Máquina de soporte vectorial, Naive bayes, Redes neuronales y Bosques aleatorios. Luego como **tercera etapa** se elige las Redes Neuronales como mejor método pues posee mejores resultados; y para finalizar como **cuarta etapa** se logra identificar que la red social que genera mayor impacto entre los jóvenes estudiantes colombianos fue Facebook, además es la más óptima pues cuenta con la posibilidad de publicar textos que refleja el estado de ánimo de los jóvenes.

Por otro lado, y dando respuesta a otros interrogantes planteados al interior de la investigación se puede concluir que el modelo que brinda mejores resultados son las redes neuronales, específicamente el Averaged Perceptrón puesto que posee mayor exactitud y precisión, adicional a esto brinda la posibilidad de un resultado positivo en la detección temprana de la depresión como ayuda diagnóstica, que es el objetivo general de este proyecto.

Mediante la realización de este trabajo fue posible también validar la hipótesis, afirmando que la evaluación de la eficacia de los algoritmos de ML permite determinar cuál es el mejor para

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

detectar signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales del lenguaje natural en redes sociales.

Respondiendo al primer objetivo, se realizó una caracterización de la depresión, la cual se refleja en un sentimiento constante de tristeza, pérdida de interés o placer (anhedonia), sentimientos de culpa o autoestima baja, alteraciones del sueño o del apetito, fatiga y falta de concentración. Además, se lograron identificar los principales métodos de aprendizaje de máquina, los cuales fueron Redes Neuronales, Máquina de Soporte Vectorial, Naive Bayes, Bosque Aleatorios, Recursos léxicos y de corpus para análisis de sentimientos, K- Vecinos, LR, Árbol de decisiones, Métodos de regresión y AdaBOOST. Estos hacen uso del lenguaje natural en interacciones sobre redes sociales para la detección de signos de la depresión en población joven, además demostraron buena eficacia extrayendo información desde las redes sociales. En la elaboración de este objetivo se determinó que la red social óptima fue Facebook, tal cual fue mencionado anteriormente.

También se logró cumplir con el segundo objetivo, caracterizando los 4 métodos más representativos, haciendo evidente que los cuatro utilizan técnicas de preprocesamiento similares, derivados del procesamiento del lenguaje natural, tales como extracción de N-gramas, Vectores de palabras, Etiquetados y Diccionarios.

Con el análisis comparativo de los cuatro métodos realizado, en el tercer objetivo se logró determinar que las redes neuronales son una alternativa adecuada y óptima, sobre todo el Averaged Perceptron y Perceptrón multicapa (MLP), los cuales demostraron mayor porcentaje de exactitud, precisión, recall, F1 - score y AUC que el resto.

A través de los textos consultados como fuentes, se observa que los diferentes algoritmos utilizados para una temprana señal de la depresión son efectivos siempre y cuando se extraiga una

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

cantidad considerable de textos y que los usuarios de redes sociales publiquen escritos que expresen síntomas reales. En este sentido, es importante tener en cuenta que, para lograr un adecuado aprendizaje mediante algoritmos de Machine Learning, específicamente Redes Neuronales Averaged Perceptrón, se deberá contar con gran cantidad de texto para que sean efectivos en el diagnóstico de la depresión.

Por ello es importante conocer cuáles son los aportes de cada uno de los métodos de Machine Learning para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes. Además, también es importante analizar la celeridad con la cual hacen la alerta temprana, debido a que cada minuto juega un papel fundamental en la expectativa de mejora de las personas que padecen este trastorno.

Los algoritmos de Machine Learning que se analizaron, se basan en la eficacia donde se evidencia el total de aciertos, permitiendo la detección temprana de síntomas de depresión, para dar las alertas al personal de salud y así iniciar los tratamientos adecuados en pacientes con síntomas depresivos.

Finalmente, por medio de este trabajo se logró identificar los principales modelos predictivos de Machine Learning que se utilizan a la hora de predecir resultados positivos de depresión. También se lograron identificar los criterios por los cuales se evalúan los diferentes modelos analizando los resultados por medio de una caracterización, estableciendo así una posición crítica sobre los mejores algoritmos. La utilización de la inteligencia artificial en la detección temprana de la depresión garantiza que el personal de la salud pueda actuar con mayor prontitud, es importante enfatizar que el Averaged Perceptrón, que tiene un valor promedio de 94.9 % en los casos positivos, ayuda a la detección de falsos positivos en la depresión en los jóvenes estudiantes, lo cual es un insumo importante para el desarrollo de este.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

8. IMPACTO ESPERADO

Este proyecto investigativo pretende impactar en la comunidad académica, desde la ciencia de la tecnología de la información, partiendo de que existe la posibilidad de determinar a través del análisis de los textos escritos por jóvenes en distintas redes sociales, los síntomas certeros de la depresión utilizando algoritmos de ML. Se espera que esto ayude a psicólogos y psiquiatras a identificar de forma temprana a la población que padece estos síntomas a través de las redes sociales. La mejor red social para extraer los datos ha sido “Facebook” mientras que el algoritmo de Machine Learning que logró adaptarse de la mejor manera a esta investigación fue el de Redes Neuronales.

Por otro lado, se espera también que se realice un análisis crítico basado en la literatura sobre los mejores algoritmos para detección temprana depresión en jóvenes estudiantes; generando mayores posibilidades de vida para los pacientes y contribuyendo a futuras investigaciones para el desarrollo de aplicaciones y software que agilicen el trabajo de los profesionales de la salud en el área psicología integrándola con las TIC.

Además de lo anterior, se espera que esta investigación se constituya como un antecedente o un punto de partida para la implementación de un algoritmo o aplicación para la detección temprana de la depresión en jóvenes, que también sirva como soporte a programas universitarios como “Prometeo” que brinda ayuda psicológica y previene la deserción académica.

Asimismo, otro de los propósitos, es que los estudiantes se motiven por el uso de las nuevas tecnologías como el Procesamiento de lenguaje natural, Machine Learning, entre otros, para

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

brindar ayudas diagnósticas a problemas de la salud mental y otras dificultades que mejoren la calidad de vida de los estudiantes y toda la comunidad educativa.

9. RECOMENDACIONES FUTURAS

Es importante que otros estudiantes asuman el reto de la implementación del algoritmo para la detección temprana de la depresión como trabajo de grado, pues es un tema pertinente y que trae muchos beneficios para el área de la salud y el área de las tecnologías de la información

Es necesario también ampliar el estudio para la detección temprana de enfermedades de salud mental, no solamente haciendo uso de los métodos de Machine Learning supervisados, sino también de métodos para la inteligencia de máquinas como los algoritmos metaheurísticos, algoritmos de aprendizaje no supervisados, algoritmos de aprendizajes reforzados.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

10. REFERENCIAS

- Aghion, P., Jones, B. F., & Jones, C. I. (2017). Artificial intelligence and economic growth (No. w23928). National Bureau of Economic Research.
- Aguilar J., (2020). Algoritmo de detección temprana para la enfermedad de Alzheimer utilizando aprendizaje autónomo.
- Alomari, K. M., ElSherif, H. M., & Shaalan, K. (2017). Arabic tweets sentimental analysis using machine learning. In International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems (pp. 602-610). Springer, Cham.
- Alvino, C. (2021), Estadísticas de la situación digital de Colombia en el 2020-2021, Branch. <https://branch.com.co/marketing-digital/estadisticas-de-la-situacion-digital-de-colombia-en-el-2020-2021/#:~:text=Con%20respecto%20al%202020%2C%20la,de%20nuevos%20dispositivos%20m%C3%B3viles%20conectados>.
- Alzahrani, S. M. (2018, February). Development of IoT mining machine for Twitter sentiment analysis: mining in the cloud and results on the mirror. In 2018 15th Learning and Technology Conference (L&T) (pp. 86-95). IEEE.
- American Psychiatric Association, (2014). Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM – 5), Médica Panamericana.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

- Beltrán, M. C. y Freyre, M. A (2011). El Inventario de Depresión de Beck: Su validez en población adolescente. Universidad Nacional Autónoma de México, , N° 1, 5-13.
- Bencke, L. Cechinel, C. Munoz, R. (2020). Automated classification of social network messages into smart cities dimensions, Future Gener. Comput.
- Bounkeomany, P. (2020, November). Speech Major Depression Detection Based on Adaboost-ELM Algorithm. In 2020 IEEE International Conference on Information Technology, Big Data and Artificial Intelligence (ICIBA) (Vol. 1, pp. 858-862). IEEE.
- Cai, J., Wang, Z. J., Appel-Cresswell, S., & Mckeown, M. J. (2016, May). Feature selection to simplify BDI for efficient depression identification. In 2016 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE) (pp. 1-4). IEEE.
- Calle, G. (2014), Modelo basado en técnicas de procesamiento de lenguaje natural para extraer y anotar información de publicaciones científicas, Universidad Politécnica de Madrid.
- Camacho, D., Luzón, M. V., & Cambria, E. (2020). New research methods & algorithms in social network analysis.
- Can, E. F., Ezen-Can, A., & Can, F. (2018). Multilingual sentiment analysis: An RNN-based framework for limited data. arXiv preprint arXiv:1806.04511.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

- Candale, C. V, (2017). Las características de las redes sociales y las posibilidades de expresión abiertas por ellas. La comunicación de los jóvenes españoles en Facebook, Twitter e Instagram, Universidad de Bucarest.
- Carrizo, D., & Moller, C. (2018). Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 26, 45-54.
- Chiramel, S., Logofătu, D., & Goldenthal, G. (2020, October). Detection of social media platform insults using Natural language processing and comparative study of machine learning algorithms. In 2020 24th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC) (pp. 98-101). IEEE.
- Choudhury, M., Gamon, M., Counts, S. and Horvitz, E., (2013). Predicting depression via social media. In Seventh international AAAI conference on weblogs and social media.
- Coates, V., Farooque, M., Klavans, R., Lapid, K., Linstone, H. A., Pistorius, C., & Porter, A. L. (2001). On the future of technological forecasting. *Technological forecasting and social change*, 67(1), 1-17.
- Coppersmith, G., Dredze, M., & Harman, C. (2014). Quantifying mental health signals in Twitter. In Proceedings of the workshop on computational linguistics and clinical psychology: From linguistic signal to clinical reality (pp. 51-60).
- Coppersmith, G., Dredze, M., Harman, C., Hollingshead, K., & Mitchell, M. (2015). CLPsych 2015 shared task: Depression and PTSD on Twitter. In Proceedings of

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

the 2nd Workshop on Computational Linguistics and Clinical Psychology: From Linguistic Signal to Clinical Reality (pp. 31-39).

Corcoran, C. , Mittal, V., Bearden, C., Gur, E., Hitzenko, K., Bilgrami, Z., & Wolff, P. (2020). Language as a biomarker for psychosis: A natural language processing approach. *Schizophrenia research*, 226, 158-166.

Cortez, A., Vega, H., Pariona, J. (2009), Procesamiento de lenguaje natural, *Revista de Ingeniería de Sistemas e Informática* vol. 6, N.º 2.

Cremades, S. Z., Soriano, J. M. G., & Navarro-Colorado, B. (2017). Diseño, compilación y anotación de un corpus para la detección de mensajes suicidas en redes sociales. *Procesamiento del Lenguaje Natural*, 59, 65-72.

Flores, J. J., Moran, J. J., Rodríguez, J.J, (2009). *Las redes sociales*, Universidad de San Martín de Porres, p.p 1- 9.

Fontecha, N., & Quiroga, J., (2020). Implementación de algoritmos de inteligencia artificial enfocados en el análisis de los trastornos del estado de ánimo para prevenir futuros suicidios por medio de la red social Facebook

Garzón, V. Barreto, D. y Medina, I. (2020). Validación de un diccionario de LIWC para identificar emociones intergrupales. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 52, 149-159. Epub March 01, 2021. <https://doi.org/10.14349/rlp.2020.v52.15>

Glen, S. (2019, 9 marzo). *ROC Curve Explained in One Picture* [Fotografía]. Data science central. <https://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/roc-curve-explained-in-one-picture>

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

- Guilarte, D. L. C. (2019). Clasificación translingüe para la detección de depresión en usuarios de Twitter (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Tulancingo).
- Haimovichi, L. (2012), El impacto de las redes sociales en los jóvenes, *Revista Conexión Andrómaco*, N° 20, 8 – 9, <https://www.andromaco.com/conexion/articulo/12-el-impacto-de-las-redes-sociales-en-los-jovenes>.
- Hammou, B. A., Lahcen, A. A., & Mouline, S. (2020). Towards a real-time processing framework based on improved distributed recurrent neural network variants with fastText for social big data analytics. *Information Processing & Management*, 57(1), 102122.
- Hassan, A. U., Hussain, J., Hussain, M., Sadiq, M., & Lee, S. (2017). Sentiment analysis of social networking sites (SNS) data using machine learning approach for the measurement of depression. In 2017 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC) (pp. 138-140). IEEE.
- He, J., Baxter, S. L., Xu, J., Xu, J., Zhou, X., & Zhang, K. (2019). The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. *Nature medicine*, 25(1), 30–36
- Hernández, R., Fernández. C., & Baptista, P. (2016). Metodología de la investigación (6a. ed. --). México D.F.: McGraw-Hill.
- Hussain, A., & Cambria, E. (2018). Semi-supervised learning for big social data analysis. *Neurocomputing*, 275, 1662-1673.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

- Hu, Q., Li, A., Heng, F., Li, J., & Zhu, T. (2015, December). Predicting depression of social media user on different observation windows. In 2015 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT) (Vol. 1, pp. 361-364). IEEE.
- Hütt, H. H (2012). Las redes sociales: una nueva herramienta de difusión. Reflexiones, Redalyc, 91(2),121, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72923962008>.
- IBM. (2018). Machine Learning for dummies. Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- ICHI.PRO. (2020). *Métricas de rendimiento para problemas de clasificación en el aprendizaje automático: Parte I*. Obtenido de <https://ichi.pro/es/metricas-de-rendimiento-para-problemas-de-clasificacion-en-el-aprendizaje-automatico-parte-i-157402246554673>
- Instituto Nacional de Salud de Colombia. INS & Colombia. Ministerio de Salud y Protección Social; (2014). Protocolo de vigilancia en salud pública: intento de suicidio. El Instituto, http://www.saludpereira.gov.co/medios/PRO_Intento_de_suicidio2017.pdf.
- Islam, M. R., Kamal, A. R. M., Sultana, N., Islam, R., & Moni, M. A. (2018, February). Detecting depression using k-nearest neighbors (knn) classification technique. In 2018 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering (IC4ME2) (pp. 1-4). IEEE.
- Kanan, T., Sadaqa, O., Aldajeh, A., Alshwabka, H., AlZu'bi, S., Elbes, M., ... & Alia, M. A. (2019, April). A review of natural language processing and machine learning tools used to analyze arabic social media. In 2019 IEEE Jordan International Joint

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Conference on Electrical Engineering and Information Technology (JEEIT) (pp. 622-628). IEEE.

Kim, M., & Lim, J. S. (2019, October). Finding and evaluating suitable contents to recognize depression based on neuro-fuzzy algorithm. In 2019 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC) (pp. 478-483). IEEE.

Kitchenham, B. Brereton, P. Budgen, D. Turner, M. Bailey, J. Linkman, S. (2008). Revisión sistemática de literatura en ingeniería de software: una revisión sistemática de literatura. *j. infsof*.2008.09.009.

Lam, G., Dongyan, H., & Lin, W. (2019, May). Context-aware deep learning for multi-modal depression detection. In ICASSP 2019-2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) (pp. 3946-3950). IEEE.

Ma, L., & Wang, Y. (2019, July). Constructing a Semantic Graph with Depression Symptoms Extraction from Twitter. In 2019 IEEE Conference on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology (CIBCB) (pp. 1-5). IEEE.

Management Solutions, (2018). Machine Learning, una pieza clave en la transformación de los modelos de negocio,
<https://www.managementsolutions.com/sites/default/files/publicaciones/esp/machine-learning.pdf>

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

McCoy, T., Castro, V. M., Roberson, A. M., Snapper, L. A., & Perlis, R. H. (2016). Improving prediction of suicide and accidental death after discharge from general hospitals with natural language processing. *JAMA psychiatry*, 73(10), 1064-1071.

Microsoft (2019), Referencia del módulo Extract N-Gram Features from Text (Extracción de características de n-gramas del texto), <https://docs.microsoft.com/es-es/azure/machine-learning/algorithm-module-reference/extract-n-gram-features-from-text>

Ministerio de Salud y Protección Social - Resolución 4886 de (2018) <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/politica-nacional-salud-mental.pdf>

Ministerio Nacional de la salud (2020), Minsalud ratifica su compromiso con la salud mental de los colombianos, Boletín de Prensa No 815 de 2020, <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Minsalud-ratifica-su-compromiso-con-la-salud-mental-de-los-colombianos.aspx>

Monroy, E. D. y Pérez, J. E. (2005). Máquinas de soporte vectorial (SVM), Universidad Tecnológica de Bolívar, pp. 1 – 110.

Morales, G., Mora, J. y Vargas, H., (2008). Estrategia de regresión basada en el método de los k vecinos más cercanos para la estimación de la distancia de falla en sistemas radiales, Universidad de Antioquia, N.º 45 pp. 100-108, <http://www.scielo.org.co/pdf/rfua/n45/n45a09.pdf>

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

- Morales, M. R., & Levitan, R. (2016). Speech vs. text: A comparative analysis of features for depression detection systems. In 2016 IEEE spoken language technology workshop (SLT) (pp. 136-143). IEEE.
- Moreno, A. (2020). Inteligencia de Cliente / Aplicaciones del Procesamiento del Lenguaje Natural, Instituto de ingeniería de conocimiento, <https://www.iic.uam.es/inteligencia/aplicaciones-procesamiento-lenguaje-natural/>
- Narynov, S. Mukhtarkhanuly, D. y Omarov, B., (2020). Artificial Intelligence in Detecting Suicidal Content on Russian-Language Social Networks. *Advances in Computational Collective Intelligence*, p 811-820
- Oracle. (2021). Definición de aprendizaje automático. <https://www.oracle.com/co/data-science/machine-learning/what-is-machine-learning/#link7>.
- Organización Mundial de la Salud, (2017). Depression and other common mental disorders: global health estimates, <https://apps.who.int/iris/handle/10665/254610>.
- Organización Mundial de la Salud. (2003). Clasificación multiaxial de los trastornos psiquiátricos en niños y adolescentes. *Médica Panamericana*.
- Orué, A. (2018). Detección de la depresión a través de análisis textual utilizando aprendizaje automático. *Universidad Ricardo Palma*. 1 – 97.
- Osorio, J. H. V., Jacob, M. K., Bauer, S., Moessner, M., Duque, D. E., Guzmán, Á. E. C., y Patiño, J. E. (2017). Uso de e-mental health para el seguimiento postterapia de pacientes con depresión en Colombia. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (52), 41-56.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

- Palomero, T. (2019). Textos de usuarios con depresión: atributos que los representan y posible detección. *División de ciencias de la comunicación y diseño, Universidad Autónoma Metropolitana*. 1-72
- Paltoglou, G., & Thelwall, M. (2012). Twitter, MySpace, Digg: Unsupervised sentiment analysis in social media. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 3(4), 1-19.
- Pandey, B., Pandey, D. K., Mishra, B. P., & Rhmann, W. (2021). A Comprehensive Survey of Deep Learning in the field of Medical Imaging and Medical Natural Language Processing: Challenges and research directions. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*.
- Patel, F., Thakore, R., Nandwani, I., & Bharti, S. K. (2019). Combating depression in students using an intelligent chatBot: a cognitive behavioral therapy. In 2019 IEEE 16th India Council International Conference (INDICON) (pp. 1-4). IEEE.
- Pauli, P. (2019). Análisis de sentimiento Comparación de algoritmos predictivos y métodos utilizando un lexicon español. Instituto Tecnológico de Buenos Aires (pp. 1-47)
- Pedersen, T. (2015). Screening Twitter users for depression and PTSD with lexical decision lists. In *Proceedings of the 2nd workshop on computational linguistics and clinical psychology: from linguistic signal to clinical reality* (pp. 46-53).
- Peng, Z., Hu, Q., & Dang, J. (2019). Multi-kernel SVM based depression recognition using social media data. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 10(1), 43-57.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

- Perrault, R., Shoham Y., Brynjolfsson E., Clark Etchemendy J., Grosz, B., Lyons, T., Manyika T., Mishra, S., & Niebles J.C. (2019). “The AI Index 2019 Annual Report”, AI.
- Quevedo, M. (2020). Análisis de las Herramientas de Procesamiento de Lenguaje Natural para estructurar textos médicos, Universidad de Navarra pp. 1 – 174.
- Rong, G., Mendez, A., Assi, E. B., Zhao, B., & Sawan, M. (2020). Artificial Intelligence in Healthcare: Review and Prediction Case Studies. Engineering, <https://bit.ly/30mAgEO>
- Rosales, A., Sostres, P., Velásquez, G., Ramírez, A., & Villatoro, E., (2018). Identificando signos de anorexia y depresión en usuarios de redes sociales. *Universidad Autónoma Metropolitana*, 147(7)
- Rúas, J., Fernández, M., Puentes, I. (2012). Aplicación de la herramienta LIWC al análisis del discurso político. Los mítines de los candidatos en las elecciones al parlamento de Galicia, Actas del 2º Congreso Nacional sobre Metodología de la Investigación en Comunicación, pp. 47 – 64.
- Rumshisky, A., Ghassemi, M., Naumann, T., Szolovits, P., Castro, V. M., McCoy, T. H., & Perlis, R. H. (2016). Predicting early psychiatric readmission with natural language processing of narrative discharge summaries. *Translational psychiatry*, 6(10), e921-e921.
- Sadasivuni, S. T., & Zhang, Y. (2020, September). A New Method for Discovering Daily Depression from Tweets to Monitor Peoples Depression Status. In 2020 IEEE

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

International Conference on Humanized Computing and Communication with Artificial Intelligence (HCCAI) (pp. 47-50). IEEE.

Salas, M. P., Rodríguez, M. A., Valencia, R. (2014). Estudio de las categorías LIWC para el análisis de sentimientos en español, *Universidad Católica San Antonio de Murcia*, pp 33-36.

Salcedo, C. M., (2002). Modelo de regresión lógica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, pp 1 - 39,
https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/Salcedo_pc/enPDF/Cap2.PDF

Sanz, J., y García-Vera, M. P. (2020). Las ideas equivocadas sobre la depresión infantil y adolescente y su tratamiento. *Clínica y Salud*, 31(1), 55-65.

Sidorov, G. (2013), N-gramas sintácticos no-continuos, *Centro de Investigación en Computation (CIC)*, pp. 69-78.

Tablada, C. J. y Torres, G. A. (2009). Redes Neuronales Artificiales, *Revista De Educación Matemática*, 24(3).

Tadesse, M. Lin, H., Xu B and Yang, L. (2019) Detection of Depression-Related Posts in Reddit Social Media Forum, *IEEE* . 7, 44883-44893,
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8681445>

Tlachac, M. L., & Rundensteiner, E. A. (2020, July). Depression Screening from Text Message Reply Latency. In 2020 42nd Annual International Conference of

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC) (pp. 5490-5493). IEEE.

- Trappey, A., Trappey, C. V., & Hsieh, A. (2021). An intelligent patent recommender adopting machine learning approach for natural language processing: A case study for smart machinery technology mining. *Technological Forecasting and Social Change*, 164, 120511.
- Tripathy, A., Anand, A., & Rath, S. K. (2017). Document-level sentiment classification using hybrid machine learning approach. *Knowledge and Information Systems*, 53(3), 805-831.
- Uddin, A. H., Bapery, D., & Arif, A. S. M. (2019, July). Depression Analysis from Social Media Data in Bangla Language using Long Short Term Memory (LSTM) Recurrent Neural Network Technique. In *2019 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Materials and Electronic Engineering (IC4ME2)* (pp. 1-4). IEEE.
- Vairetti, C. Martínez-Cámara, E. Maldonado, S. Luzón, V. Herrera, F. (2020) Enhancing the classification of social media opinions by optimizing the structural information, *Future Gener. Comput. Syst.* 102, 838–846.
- Vera, V. D. G., & López, C. Q. (2019). Aceptación del M-learning: Un Análisis de Sentimientos basado en Minería de Texto. *Cuaderno Activa*, 11, 45-50.
- Victor, D. B., Kawdher, J. y Labib, S., Latif, S. (2020). Machine Learning Techniques for Depression Analysis on Social Media- Case Study on Bengali Community, 4th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Technology (ICECA),

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9297436/authors#authors>

Wang, X., Zhang, C., Ji, Y., Sun, L., Wu, L. and Bao, Z., (2013). A depression detection model based on sentiment analysis in micro-blog social network. In Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (pp. 201-213). Springer, Berlin, Heidelberg.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria

11. ANEXOS

- Documento Excel con el desarrollo de la revisión sistemática de la literatura:
Desarrollo_Revisión de la Literatura_TDG.

Evaluación de algoritmos de aprendizaje de máquina para la detección de signos de depresión en jóvenes estudiantes a partir de interacciones textuales en redes sociales.

Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria