



Universidad Católica

“Nuestra Señora de la Asunción”

Unidad Pedagógica San Ignacio Guazú, Misiones

Carrera de Ingeniería Informática

TEMA

SIMULACION DINAMICA EN TIEMPO REAL DEL COMPORTAMIENTO DE LA
PROPAGACIÓN DEL DENGUE A TRAVES DE MACHINE LEARNING

Fabián Rolón Pedrozo

2024

1.DESCRIPCIÓN

1.1. Técnica

En el Departamento de Misiones, la propagación del dengue carece de modelos de simulación en tiempo real, lo que resulta en una falta de información crucial para desarrollar estrategias efectivas de prevención y control. Por ende, este proyecto de tesis permitirá llenar este vacío mediante la creación de un simulador dinámico en tiempo real del comportamiento del dengue, utilizando técnicas avanzadas de Machine Learning.

El simulador será diseñado para proporcionar información inmediata sobre posibles casos positivos de dengue, permitiendo a los responsables de la salud pública tomar decisiones informadas y rápidas para contener la propagación de la enfermedad.

Cabe destacar que, Python será el lenguaje principal de programación utilizado en el desarrollo de este simulador debido a su amplia disponibilidad de bibliotecas de Machine Learning y su facilidad de uso en prototipado rápido. Se emplearán algoritmos de Machine Learning para modelar la dinámica de propagación del dengue, lo cual incluirá técnicas de aprendizaje supervisado y no supervisado para identificar patrones en los datos epidemiológicos y predecir la incidencia futura de la enfermedad.

Asimismo, se aplicarán métodos de modelado dinámico para capturar la evolución temporal de la propagación del dengue en la comunidad, creando modelos matemáticos que representen la interacción entre factores epidemiológicos, ambientales y sociales que influyen en la transmisión del virus.

Por otro lado, se utilizarán casos de uso específicos para guiar el desarrollo del simulador y validar su eficacia, recopilando y analizando datos reales sobre brotes de dengue en el Departamento de Misiones para calibrar y evaluar el rendimiento del modelo. En este contexto, se aprovecharán bibliotecas de aprendizaje automático como scikit-learn, TensorFlow y Keras para implementar los algoritmos de Machine Learning necesarios para el simulador, las cuales proporcionan una amplia gama de herramientas y funciones para el entrenamiento, la evaluación y la optimización de modelos de Machine Learning.

1.2. Funcional

La entrada de datos comenzará con la recopilación de información epidemiológica, ambiental y social relacionada con la propagación del dengue en el Departamento de Misiones, cuyos datos se obtendrán de diversas fuentes confiables, como hospitales, centros de salud, agencias gubernamentales y estaciones meteorológicas.

Una vez recopilados, los datos se someterán a un proceso de preprocesamiento para limpiarlos y prepararlos para su análisis, esto implicará la eliminación de errores, valores atípicos y datos faltantes, así como la normalización y transformación de los datos para garantizar su coherencia y compatibilidad con los algoritmos de Machine Learning.

Con los datos preprocesados, se procederá al desarrollo del modelo de simulación, seleccionando algoritmos de Machine Learning adecuados para modelar la dinámica de propagación del dengue, y entrenando el modelo utilizando los datos disponibles. Durante el entrenamiento, se ajustarán los parámetros del modelo para optimizar su capacidad predictiva.

Posterior a lo mencionado, el modelo se implementará en un entorno de simulación en tiempo real, que permitirá la integración continua de nuevos datos y la generación de predicciones actualizadas sobre la propagación del dengue. Utilizando las condiciones actuales y previstas, el simulador proporcionará información inmediata sobre posibles casos positivos de dengue y proyecciones futuras.

El rendimiento del simulador se monitoreará de cerca y se realizarán ajustes según sea necesario para mejorar su precisión y fiabilidad, se llevarán a cabo pruebas exhaustivas para verificar su robustez y capacidad de respuesta ante diferentes escenarios y condiciones.

Así, se analizarán los resultados obtenidos del simulador y se extraerán conclusiones sobre la eficacia de las estrategias de prevención y control del dengue. Se generarán reportes de investigación que resumirán los hallazgos, las recomendaciones y las lecciones aprendidas durante el desarrollo y la implementación del simulador, estos resultados se comunicarán a las autoridades de salud pública y otros actores relevantes

para informar la toma de decisiones y mejorar la respuesta ante brotes de dengue en el Departamento de Misiones.

1.3. Módulo/Niveles

El sistema completo de simulación se constituirá por la adquisición de datos, el preprocesamiento de datos, el modelado de máquinas, la simulación dinámica, evaluación y validación y despliegue y diseminación. En lo que refiere a la adquisición de datos, este módulo se encargará de recolectar información relevante sobre el dengue, como casos confirmados, datos climáticos, densidad poblacional, entre otros. En este punto, la calidad y precisión de los datos adquiridos serán fundamentales para garantizar la validez de las simulaciones.

Por otro lado, en el preprocesamiento de datos, se realizarán tareas de limpieza, transformación y normalización de los datos adquiridos para prepararlos adecuadamente para su análisis posterior, incluyendo la eliminación de datos incompletos o erróneos, la estandarización de formatos y la normalización de variables.

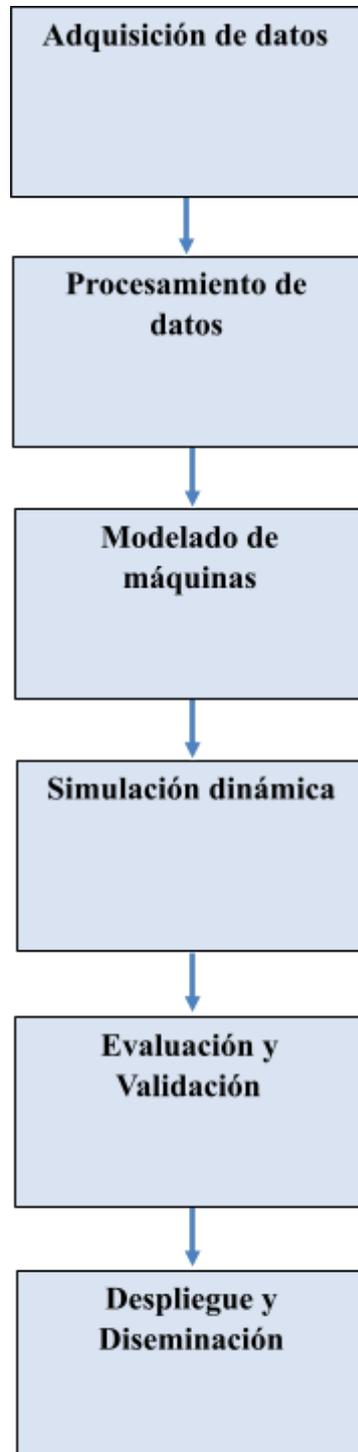
En el modelado de máquinas, se implementan modelos de aprendizaje automático que utilizarán los datos preprocesados para predecir la propagación del dengue, explorando diferentes algoritmos y técnicas de modelado para encontrar el modelo más adecuado que pueda capturar la complejidad de la enfermedad.

Ya para la simulación dinámica, se integrarán los modelos de aprendizaje automático en un entorno de simulación dinámica en tiempo real, lo cual implicará la creación de un sistema que pueda adaptarse y actualizarse continuamente con nuevos datos, lo que permitirá simular el comportamiento del dengue a medida que evoluciona en el tiempo.

Posteriormente, se realizará la evaluación y validación, para lo cual se llevarán a cabo pruebas exhaustivas, evaluando la precisión y efectividad del simulador. Se compararán las predicciones del modelo con datos reales para validar su desempeño y se utilizarán métricas de evaluación para medir su fiabilidad y robustez.

Una vez validado, el simulador se desplegará para su uso en el Departamento de Misiones y posiblemente en otras regiones afectadas por el dengue, desarrollando una interfaz de usuario intuitiva que permitirá a los usuarios interactuar con el simulador y acceder a información relevante de manera fácil y rápida.

1.4. Imagen representativa



1.5. Alcances y límites

1.5.1. Alcances:

Alcance Temático: Se desarrollará un simulador dinámico en tiempo real del comportamiento de la propagación del dengue utilizando técnicas de aprendizaje automático. El enfoque estará en identificar y predecir la propagación del dengue en el Departamento de Misiones, así como en proporcionar información inmediata sobre posibles casos positivos.

Alcance Temporal: El proyecto se llevará a cabo a lo largo del año 2024.

Alcance Geográfico: La investigación se centrará en el Departamento de Misiones, con un enfoque específico en las áreas afectadas por la propagación del dengue.

Alcance Metodológico: Se emplearán métodos de modelado y modelado de máquinas para desarrollar el simulador. Se utilizarán técnicas de adquisición y preprocesamiento de datos para recopilar y preparar datos relevantes sobre el dengue, además, se implementarán modelos de aprendizaje automático para predecir la propagación de la enfermedad.

Alcance de los Participantes: Se espera la colaboración de autoridades de salud locales, así como la disponibilidad de datos relevantes para la investigación. Por otro lado, se contará con la participación de expertos en aprendizaje automático y epidemiología para guiar el desarrollo del simulador.

1.5.2. Límites:

Límites en la Disponibilidad de Datos: La precisión y efectividad del simulador pueden estar limitadas por la disponibilidad y calidad de los datos sobre el dengue en el Departamento de Misiones.

Límites Éticos: Se deberán considerar las implicaciones éticas relacionadas con el uso de datos de salud y la predicción de enfermedades. Se tomarán medidas para garantizar la privacidad y confidencialidad de la información recopilada y utilizada en la investigación.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1.1. **Título de la investigación:** Modelo de simulación para determinar la incidencia del dengue en el Departamento de la Paz.

2.1.2. **Objetivos:** El objetivo general del estudio consistió en elaborar un modelo de simulación dinámica para analizar la prevalencia del dengue en el Departamento de La Paz. Mientras que, como objetivos específicos se tuvo el de realizar una depuración de los datos proporcionados por el SEDES, debido a la presencia de información faltante, con el fin de generar una representación adecuada y desarrollar una red neuronal eficaz. Asimismo, se propuso identificar las provincias más afectadas por el dengue dentro del Departamento de la Paz, a través del análisis de la incidencia de esta enfermedad y desarrollar una red neuronal capaz de predecir la incidencia del Dengue, considerando variables como la altitud y las estaciones del año.

2.1.3. **Resultados y aportes:** Se ha establecido de manera formal un modelo de simulación utilizando redes neuronales, lo cual permitió determinar la incidencia del dengue en el Departamento de La Paz. Se identificaron las provincias y comunidades con mayor incidencia de dengue en el Departamento de la Paz, llevando a cabo una depuración de los datos para garantizar un aprendizaje eficiente. Asimismo, mediante el enfoque planteado, se ha reducido la pérdida de nivel de confianza al 95%, lo que ha permitido mejorar las predicciones, verificando a través del estudio y recopilación de datos históricos la información actual de los casos confirmados en el Departamento de la Paz.

2.1.4. **Descripción detallada:** El proceso de creación del modelo se realizó empleando la metodología de modelado de sistemas, la cual, al estar guiada por casos de uso, facilitó la utilización de modelos de aprendizaje automático. En cuanto a la implementación de esta aplicación, se emplearon bibliotecas de aprendizaje automático específicas de Python, las cuales, gracias a las funcionalidades que ofrecen, permitieron desarrollar un modelo de simulación de manera ágil y sencilla.

Referencia bibliográfica de cada uno de los ítems: Navia Velasco, G. I. (2021). Modelo de simulación para determinar la incidencia del dengue en el Departamento de la Paz. *Proyecto de Tesis de Grado para obtener el Título de Licenciatura en Informática Mención Ingeniería de Sistemas Informáticos*. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.

2.2.1. **Título de la investigación:** Desarrollo de un modelo de Machine Learning para la clasificación de tipos de dengue de acuerdo a su nivel de severidad: Un estudio de caso de Bucaramanga, Colombia.

2.2.2. **Objetivos:** El objetivo principal consistió en desarrollar un sistema clasificador de diagnóstico temprano para determinar el nivel de gravedad del dengue utilizando una combinación de algoritmos y modelos de Machine Learning, que permita identificar los factores de riesgo asociados a la clasificación realizada. Para ello, se buscó implementar una etapa de preprocesamiento utilizando técnicas efectivas con el propósito de obtener un conjunto de datos depurado como entrada para los modelos, identificar y describir los patrones de la enfermedad presentes en los pacientes incluidos en el seguimiento, entrenar de forma independiente tres modelos de Machine Learning: Regresión Logística, Support Vector Machine y Random Forest, para la clasificación de los diferentes tipos de dengue según su nivel de gravedad, crear un modelo ensamblado de estos tres últimos utilizando un meta-clasificador tipo XGBoost, validar y seleccionar el modelo de Machine Learning con la mayor capacidad predictiva utilizando criterios apropiados e identificar posibles factores de riesgo asociados al nivel de gravedad a partir de las clases señaladas.

2.2.3. **Resultados y aportes:** Los resultados revelan que el modelo ensamblado es el que muestra un mejor desempeño (AUC = 0.9386, Exactitud = 0.936, F1-Score = 0.947), seguido por la Regresión Logística regularizada con norma ℓ_2 (AUC = 0.95, Exactitud = 0.871, F1-Score = 0.895), la Máquina de Soporte Vectorial con Kernel Radial (AUC = 0.984, Exactitud = 0.857, F1-Score = 0.867) y, por último, el Random Forest (AUC = 0.94, Exactitud = 0.833, F1-Score = 0.865). Además, se ha observado que factores como antecedentes familiares de dengue, dolor abdominal, vómito y diarrea presentan una relación causal con la manifestación de dengue con signos de alarma.

2.2.4. **Descripción detallada:** El diagnóstico temprano proporciona conocimiento y monitoreo de la enfermedad. Los datos recopilados provinieron de la localidad de Bucaramanga, en el departamento de Santander, el cual se encontraba altamente afectado por los brotes de dengue. Con el fin de alcanzar el objetivo de desarrollar un clasificador de diferentes tipos de dengue, se crearon cuatro modelos de Machine Learning: Regresión Logística Regularizada (RL), Random Forest (RF), Máquina de Soporte Vectorial para Clasificación (SVC) y una propuesta que combina estos tres modelos utilizando el algoritmo XGBoost como meta-clasificador.

Referencia bibliográfica de cada uno de los ítems: Rojas Sánchez, J. D. (2023). Desarrollo de un modelo de Machine Learning para la clasificación de tipos de dengue de acuerdo a su nivel de severidad: Un estudio de caso de Bucaramanga, Colombia. *Tesis como requisito parcial para optar al título de: Estadístico*. Bogotá, Colombia: Universidad El Bosque.

2.3.1. **Título de la investigación:** Uso de datos ambientales y sociológicos para el desarrollo de un algoritmo de predicción de riesgo de dengue en Brasil mediante técnicas de aprendizaje automático.

2.3.2. **Objetivos:** El propósito de este proyecto consistió en desarrollar un modelo para predecir el nivel de riesgo de dengue en Brasil. Se ha aprovechado la existencia de datos medioambientales obtenidos a través de satélites de observación de la Tierra, los cuales abarcan a nivel global y se recopilan con una frecuencia que suele ser de varios días. Además, se planteó la utilización y comparación de diversos algoritmos de inteligencia artificial.

2.3.3. **Resultados y aportes:** Mediante el análisis de las secuencias temporales de los datos de las variables y del número de casos, se han identificado correlaciones entre ellos. Por lo tanto, se considera apropiado utilizar herramientas de inteligencia artificial para desarrollar algoritmos de predicción de riesgo epidemiológico. El aprendizaje a partir de datos históricos registrados resulta fundamental para obtener modelos más precisos. En esta investigación se presentó un estudio realizado en varias regiones de Brasil, en el cual se han comparado diferentes modelos, como se había anticipado, proporcionar un valor exacto para los posibles casos no constituye la solución, sino que es necesario trabajar con rangos de valores y distinguir entre riesgo bajo, medio, moderado y alto, es decir, con tres o cuatro niveles de clasificación. Para obtener un modelo sólido, resulta sumamente importante contar con una base de datos históricos de calidad que permita identificar la relación entre las variables de entrada y la variable de respuesta, asimismo, resulta crucial realizar una validación utilizando datos diferentes a los utilizados en la construcción del modelo.

2.3.4. **Descripción detallada:** Se han empleado sensores satelitales para recopilar variables climáticas y ambientales que guardan relación con la proliferación del principal vector transmisor de la enfermedad, el mosquito *Aedes Aegypti*. Por otro lado, se han utilizado bases de datos médicas de Brasil para obtener información sobre los casos de Dengue registrados en el periodo comprendido entre 2012 y 2018. En este estudio se analizaron las variables ambientales, climatológicas y sociales que impactan en la propagación del virus en Brasil, utilizando técnicas de teledetección. A partir de estas variables, se han desarrollado varios modelos utilizando herramientas de aprendizaje automático para predecir el riesgo de dengue. Brasil se ha dividido en diferentes zonas para estudiarlas por separado y determinar si el comportamiento de las variables impacta en la búsqueda de un modelo de predicción de riesgo. Por último, se analizaron los resultados y se identificaron los algoritmos mejores.

Referencia bibliográfica de cada uno de los ítems: Cugota Latorre, C. (junio de 2020). Uso de datos ambientales y sociológicos para el desarrollo de un algoritmo de predicción de riesgo de dengue en Brasil mediante técnicas de aprendizaje automático. *Tesis de grado*. Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya.

En relación a los tres trabajos expuestos, se pueden identificar diversas fortalezas y debilidades que resaltan la importancia y relevancia del presente tema de investigación sobre el simulador dinámico en tiempo real del comportamiento del dengue a través de machine learning. El primer estudio aborda la creación de un modelo de simulación para determinar la incidencia del dengue en el Departamento de La Paz, investigación que destaca por su enfoque en el desarrollo de un modelo matemático-computacional utilizando redes neuronales para analizar la prevalencia del dengue. Sin embargo, aunque se obtuvieron resultados favorables en la identificación de las provincias más afectadas y en la reducción de la pérdida de nivel de confianza, no se menciona específicamente la implementación de un simulador dinámico en tiempo real. Esta omisión limita su aplicabilidad directa en entornos donde se requiere monitoreo continuo y predictivo del comportamiento del dengue.

Por otro lado, el segundo estudio se centra en el desarrollo de un modelo de machine learning para la clasificación de tipos de dengue según su nivel de severidad, trabajo que presenta resultados prometedores en la identificación de factores de riesgo asociados a la gravedad del dengue y en la precisión de los modelos de clasificación, no obstante, a pesar de que proporciona información valiosa sobre el uso de machine learning

en el diagnóstico temprano del dengue, tampoco aborda directamente el desarrollo de un simulador dinámico en tiempo real que permita una comprensión más profunda de la evolución del dengue y su propagación.

Finalmente, el tercer estudio se enfoca en el uso de datos ambientales y sociológicos para el desarrollo de un algoritmo de predicción de riesgo de dengue en Brasil mediante técnicas de aprendizaje automático. Esta investigación por su lado destaca por su enfoque en la utilización de datos de teledetección y modelos de machine learning para predecir el riesgo epidemiológico de dengue. Si bien no se menciona explícitamente un simulador dinámico en tiempo real, este estudio proporciona información valiosa sobre la predicción de la propagación del dengue, resultando relevante para la presente investigación, pero no proporciona un enfoque dinámico en tiempo real que permita una vigilancia continua y una toma de decisiones proactiva en la gestión del dengue.

Las falencias de los trabajos anteriores resaltan la importancia y la necesidad de la presente investigación, que se centra en el desarrollo de un simulador dinámico en tiempo real del comportamiento del dengue a través de machine learning. Al abordar esta brecha, la investigación busca ofrecer una herramienta innovadora y eficaz para la predicción, vigilancia y control del dengue, permitiendo una respuesta más rápida y precisa ante los brotes y la propagación de la enfermedad.

2.4.1. Título de la investigación: Predecir la transmisión del dengue mediante métodos de aprendizaje automático.

2.4.2. Objetivos: Desarrollar modelos de predicción de la transmisión del Dengue utilizando diferentes técnicas de regresión, tanto lineales como no lineales. Comparar la precisión de los modelos de regresión lineal y no lineal en la predicción de la transmisión del Dengue. Evaluar la eficacia de los modelos de regresión en función de su capacidad para predecir la transmisión del Dengue utilizando casos notificados en la ciudad de Jeddah, Arabia Saudita, así como datos de temperatura y humedad.

2.4.3. Resultados y aportes: Esta investigación ha sido llevada a cabo para comparar diversos modelos de predicción de aprendizaje automático aplicados a los casos de dengue notificados entre 2012 y 2018 en Jeddah, Arabia Saudita. Los resultados señalan que la temperatura, la humedad y otros factores climáticos y socioeconómicos son los

principales contribuyentes a la transmisión de la fiebre del dengue en esta región. El algoritmo de Máquina de Soporte Vectorial para Clasificación (SVC) presenta un menor error absoluto medio en comparación con los otros modelos probados, superándolos. Por consiguiente, el modelo SVM puede ser utilizado como un preciso predictor del dengue en la ciudad de Jeddah, Arabia Saudita. Por último, futuras investigaciones deberían explorar más modelos y factores de riesgo relacionados para obtener resultados más precisos.

2.4.4. Descripción detallada: El trabajo se enfocó en analizar la ocurrencia del Dengue en Jeddah, Arabia Saudita, para lo cual se recogieron datos meteorológicos, datos notificados del Dengue, fichas de población y datos de cobertura del suelo y elevación. Estas informaciones fueron preprocesadas para normalizarlos y examinar su correlación. Posteriormente, se escogieron particularidades relevantes para diseñar modelos de predicción. Se emplearon diversos modelos, como regresión lineal y modelos no lineales como clasificación de vectores de soporte, árbol de decisión y bosque aleatorio. La exactitud de los modelos se valoró utilizando métricas y validación cruzada como el error absoluto medio (MAE).

Referencia bibliográfica de cada uno de los ítems: Siddiq, A., Shukla, N., & Pradhan, B. (diciembre de 2021). Predecir la transmisión del dengue mediante métodos de aprendizaje automático. *Conferencia Internacional IEEE 2021 sobre Ingeniería Industrial y Gestión de Ingeniería (IEEM)*. Australia: Universidad Tecnológica de Sídney. <https://doi.org/10.1109/IEEM50564.2021.9672977>.

2.5.1. Título de la investigación: Construcción de un modelo de incidencia de dengue aplicado a comunidades de Paraguay – COMIDENC.

2.5.2. Objetivos: El proyecto buscó desarrollar, comprobar y examinar el rendimiento de un modelo matemático-computacional para anticipar la tasa de incidencia del dengue, considerando variables relacionadas con el entorno, la salud y la epidemiología, así como la implementación de medidas de intervención contra el dengue. Además, se buscó discernir estrategias eficaces y sólidas de manera que los responsables de tomar decisiones puedan anticiparse a situaciones desfavorables mediante una capacidad de predicción mejorada.

2.5.3. **Resultados y aportes:** Existe una "ruta del dengue" que se extiende desde Asunción hasta San Pablo, Brasil, pasando por ciudades con un rápido crecimiento urbano. Los datos recopilados pueden ser utilizados para obtener información y prevenir la epidemia, permitiendo realizar inferencias sobre patrones y tomar medidas para prevenir la propagación del dengue. Se han establecido y equipado laboratorios en tres instituciones (FPUNA, UNC y UNCA), así como una red operativa de investigadores e instituciones altamente compleja, a su vez, se han formado recursos humanos, incluyendo estudiantes de doctorado y maestría. Se han publicado artículos en revistas de prestigio, tanto teóricos como aplicados, participado en conferencias internacionales de prestigio y desarrollado dos modelos de análisis (predictivo y de clasificación). Los resultados resultaron útiles para la toma de decisiones en salud, presentados en la plataforma DATA-DENGUE.

2.5.4. **Descripción detallada:** El trabajo utilizó técnicas de modelado y simulación, usando datos suministrados por la Dirección Nacional de Vigilancia Sanitaria (DNVS) para desarrollar el modelo matemático, los cuales contenían información sobre las características de los pacientes registrados en la base de datos, lo que permitió realizar predicciones sobre posibles diagnósticos. En este contexto, el trabajo se basó en la creación de un modelo matemático-computacional que facilitó la obtención de datos de manera rápida, amigable y eficiente.

Referencia bibliográfica de cada uno de los ítems: CONACYT. (2019). Construcción de un modelo de incidencia de dengue aplicado a comunidades de Paraguay - COMIDENCO. *Evento de Cierre CONACyT*. Paraguay.

En lo que respecta a los dos últimos estudios presentados, se puede observar una amplia variedad de enfoques utilizados para analizar y abordar el problema del dengue desde diferentes perspectivas. El estudio titulado "Predecir la transmisión del dengue mediante métodos de aprendizaje automático", destaca por su enfoque en el desarrollo de modelos de predicción de la transmisión del dengue utilizando diversas técnicas de regresión, comparando la precisión de los modelos lineales y no lineales en la predicción del dengue, así como identificar factores climáticos y socioeconómicos importantes, no obstante, el estudio no profundiza en la implementación de un simulador dinámico en tiempo real, limitando también su aplicabilidad directa en entornos donde se requiere una vigilancia continua y predictiva del comportamiento del dengue.

Por otro lado, el estudio denominado "Construcción de un modelo de incidencia de dengue aplicado a comunidades de Paraguay – COMIDENC" se enfoca en desarrollar, comprobar y examinar el rendimiento de un modelo matemático-computacional para anticipar la tasa de incidencia del dengue, considerando variables relacionadas con el entorno, la salud y la epidemiología. Este estudio destaca por su enfoque integral, que no solo busca predecir la incidencia del dengue, sino también discernir estrategias eficaces y sólidas de intervención, además, el establecimiento de laboratorios, la formación de recursos humanos y la publicación de resultados en revistas de prestigio demuestran un compromiso con la aplicación práctica de la investigación para abordar el problema del dengue en comunidades afectadas.

Atendiendo a lo mencionado, la presente investigación representa un avance significativo en la comprensión y abordaje del problema del dengue, puesto que, mientras que los estudios anteriores se centran en métodos avanzados de análisis de datos y aprendizaje automático en la predicción y vigilancia del dengue, este trabajo adopta un enfoque centrado en la aplicación de técnicas de machine learning dentro de un simulador dinámico, con lo cual, se busca modelar de manera más precisa y adaptable el comportamiento del dengue en tiempo real, lo cual permitirá simular diversos escenarios y evaluar el impacto de diferentes medidas de control y prevención de una manera más dinámica y realista.

Asimismo, al desarrollar un simulador dinámico en tiempo real, el presente estudio ofrece la capacidad de realizar simulaciones continuas y actualizadas del comportamiento del dengue, lo que permitirá una mejor comprensión de la dinámica de la enfermedad y facilitará la toma de decisiones informadas para implementar medidas de control de manera oportuna y eficaz.

OBJETIVOS

- **Objetivo General:** Simular dinámicamente en tiempo real el comportamiento de la propagación del dengue a través de Machine Learning.

- **Objetivos Específicos:**
 - Identificar posibles deficiencias en el rendimiento del simulador dinámico del comportamiento de la propagación del dengue.
 - Evaluar la precisión del simulador dinámico desarrollado en la predicción de la propagación del dengue.

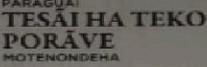
CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	MES 1 (Jul)	MES 2 (Ago)	MES 3 (Set)	MES 4 (Oct)	MES 5 (Nov)	MES 6 (Dic)
Recopilación de la información						
Marco Teórico						
Desarrollo						
Verificación y Validación						
Implementación						
Conclusiones y Trabajos a Futuro						

ANEXO

Nota de aceptación

 MINISTERIO DE
SALUD PÚBLICA Y
BIENESTAR SOCIAL
PARAGUAY

 PARAGUAY
TESÁI HA TEKO
PORÁVE
MOTENONDEHA



VIII REGION SANITARIA
HOSPITAL DISTRITAL SANTA ROSA MISIONES

San Ignacio 10 de Mayo 2024

Mg. Esperanza del Puerto Benítez
Directora
U.C. unidad pedagógica san Ignacio

Me dirijo a usted a fin de saludarle, y al mismo tiempo informar que el estudiante **Fabián Rolon Pedrozo** de la carrera de Ingeniería Informática tiene mi venia correspondiente para realizar su trabajo de investigación en el Hospital De Santa Rosa Misiones.

Sin otro motivo en particular me despido de usted deseándoles éxitos en sus funciones.

Atentamente


Dra. Sara Ramirez
Directora
H.D.S/R
Mg. Dra. Sara Ramirez
DIRECTORA
HOSPITAL DISTRITAL
Santa Rosa Misiones



Telefax.: 0958 285 226 14 de Mayo y Sgto. Eladio Del Puerto

PRESUPUESTO

NRO	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Equipo de cómputo con capacidad para Machine Learning	1		
2	Software de desarrollo de Machine Learning	1		
3	Bibliotecas de Machine Learning	1		
4	Conjunto de datos epidemiológicos	1		
5	Plataforma de desarrollo de simulaciones	1		
6	Combustible para traslados	50 (litros)	10.000 Gs.	500.000 Gs.
7	Hojas A4 (Resma)	1	35.000 Gs.	35.000 Gs.
8	Plancheta	1	21.000 Gs.	21.000 Gs.
9	Bolígrafo	3	3.000 Gs.	3.000 Gs.
10	Impresora (Sin costo, ya disponible)	1	0 Gs.	0 Gs.
11	Cartucho de tinta negra	1	144.000 Gs.	144.000 Gs.
12	Cartucho de tinta tricolor	1	167.000 Gs.	167.000 Gs.
13	Notebook (Sin costo, ya disponible)	1	0 Gs.	0 Gs.
14	Lápiz de papel	3	2.000 Gs.	6.000 Gs.
15	Recursos bibliográficos (Sin costo, recurso en línea)	50	0 Gs.	0 Gs.
	TOTALES		382.000Gs.	876.000 Gs.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

CONACYT. (2019). Construcción de un modelo de incidencia de dengue aplicado a comunidades de Paraguay - COMIDENCO. *Evento de Cierre CONACyT*. Paraguay.

Cugota Latorre, C. (junio de 2020). Uso de datos ambientales y sociológicos para el desarrollo de un algoritmo de predicción de riesgo de dengue en Brasil mediante técnicas de aprendizaje automático. *Tesis de grado*. Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya.

Navia Velasco, G. I. (2021). Modelo de simulación para determinar la incidencia del dengue en el Departamento de la Paz. *Proyecto de Tesis de Grado para obtener el Título de Licenciatura en Informática Mención Ingeniería de Sistemas Informáticos*. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.

Rojas Sánchez, J. D. (2023). Desarrollo de un modelo de Machine Learning para la clasificación de tipos de dengue de acuerdo a su nivel de severidad: Un estudio de caso de Bucaramanga, Colombia. *Tesis como requisito parcial para optar al título de: Estadístico*. Bogotá, Colombia: Universidad El Bosque.

Siddiq, A., Shukla, N., & Pradhan, B. (diciembre de 2021). Predecir la transmisión del dengue mediante métodos de aprendizaje automático. *Conferencia Internacional IEEE 2021 sobre Ingeniería Industrial y Gestión de Ingeniería (IEEM)*. Australia: Universidad Tecnológica de Sídney.
<https://doi.org/10.1109/IEEM50564.2021.9672977>