

Diseño optimizado de rizobacterias para la mejora en el crecimiento y salud de una planta utilizando redes neuronales y algoritmos genéticos

Trabajo Terminal No. _____ - _____

Alumnos: Legorreta Flores José Carlos*, Álvarez Cañedo Emmanuel**.

Directores: Dr. Molina Pérez Daniel.

*Email: jlegorretaf2100@alumno.ipn.mx . **Email: calvarezc2106@alumno.ipn.mx .

Resumen – El presente Protocolo de Trabajo Terminal (TT) tiene como objetivo diseñar rizobacterias optimizadas para mejorar el crecimiento y la salud de las plantas mediante el uso de técnicas de redes neuronales y algoritmos genéticos. Esta investigación busca contribuir a la agricultura sostenible al proporcionar un método innovador y eficaz para potenciar el rendimiento de los cultivos. En este protocolo se hará referencia a las PGRB (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) o Rizobacterias Promotoras del Crecimiento en Plantas y así como el IPR (índice de Promoción del Crecimiento).

Palabras clave – algoritmos genéticos, bioinformática, redes neuronales, bacterias.

1. Introducción

La agricultura sostenible se ha convertido en una prioridad global debido a la necesidad de satisfacer la demanda creciente de alimentos mientras se minimiza el impacto ambiental. En este contexto, las rizobacterias, microorganismos que colonizan la rizosfera y establecen relaciones simbióticas con las plantas, se utilizan regularmente para el mejoramiento del crecimiento de las plantas. Esta idea ocurrió porque existen bacterias programadas contra el cáncer se usa bacterias para un ámbito más médico y nosotros lo queremos hacer para un ámbito más biológico obviamente el uso de la bacteria en un ámbito medico se usa de una forma diferente se usa otra bacteria en que guiarse, pero los principios son los mismos. [1]

Según [2], La mejora del crecimiento de las plantas por parte de los PGPR se cuantifica como un aumento en la emergencia de plántulas, vigor, biomasa, proliferación del sistema de raíces y rendimiento en diversas especies de plantas. Desde su reconocimiento como un subconjunto importante de microorganismos colonizadores de raíces, en las últimas tres décadas, se han llevado a cabo varios estudios, a un ritmo exponencial.

En este aspecto la salud en las plantas también es una necesidad como lo resalta [3], La salud de las plantas depende, además de la nutrición, de una correcta interacción con las bacterias benéficas, esa interacción puede ocurrir a nivel de rizosfera (región de suelo y microorganismos que rodean las raíces de las plantas). Con esto, se comprende la importancia de las bacterias en la región del suelo cercanas a las raíces de las plantas tanto para el crecimiento como para la salud, región en la cual las rizobacterias habitan.

Lo anterior, sugiere un sistema en donde el desempeño de la planta se puede ver afectado por los organismos cercanos a ella, en donde [4] sugiere que, en condiciones cambiantes y estresantes, las plantas se asocian estrechamente con estos microbios de diversas formas, como la absorción de nutrientes, el crecimiento y

desarrollo de las plantas, y la aptitud para la salud de las plantas. En lugar de funcionar y evolucionar de forma independiente, las plantas y sus microorganismos asociados existen cooperativamente como parte de un sistema biológico.

Habiendo revisado esto, es importante tener en cuenta productos, proyectos e investigaciones al respecto, en las cuales se encuentran las siguientes:

Producto, proyecto o investigación	Características	Diferencias con el presente Trabajo Terminal
Artificial Intelligence: A Promising Tool in Exploring the Phytomicrobiome in Managing Disease and Promoting Plant Health.	Esta investigación aborda la aplicación de la inteligencia artificial en el estudio del microbioma de las plantas, destacando su importancia, desafíos y áreas de aplicación específicas, así como proponiendo futuras direcciones de investigación. [4]	La investigación tiene como objetivo principal explorar cómo la IA puede mejorar nuestra comprensión del microbioma vegetal y sus interacciones con las plantas y el medio ambiente en lugar de ser una herramienta de diseño. [4]
Tesela Gen.	Tesela Gen es una plataforma de diseño genético que utiliza inteligencia artificial y aprendizaje automático para facilitar el diseño y la optimización de construcciones genéticas y procesos de laboratorio en biología sintética. [5]	Como tal, Tesela Gen puede ofrecer una variedad de herramientas y funciones para abordar diferentes necesidades de diseño genético. En contraste, el Trabajo Terminal presente puede implicar un enfoque más específico y detallado. En el diseño de bacterias para conferir características beneficiosas a las plantas. [5]
OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SALOBRES.	Es una investigación que detalla métodos de inteligencia artificial como las redes neuronales y algoritmos genéticos para un tratamiento para las aguas residuales. [6]	La investigación utiliza una arquitectura casi exacta al Trabajo Terminal presente, sin embargo, el enfoque es muy diferente, la investigación tratándose de aguas residuales y el presente Trabajo Terminal sobre rizobacterias. [6]
Genetic Circuit Design in Rhizobacteria.	Investigación describe el potencial de las plantas modificadas genéticamente y el desafío de la construcción de circuitos genéticos para mejorar la agricultura, haciendo un énfasis en la ingeniería genética en plantas. [7]	la investigación aborda la ingeniería genética en las plantas mismas para mejorar su rendimiento agrícola y características deseables, compartiendo objetivos con el Trabajo Terminal presente, pero con estrategias y técnicas diferentes. [7]

Tabla 1. Comparación de productos similares

2. Objetivo

El objetivo de este trabajo terminal es diseñar rizobacterias para mejorar el crecimiento y la salud de las plantas, teniendo como objetivo ideal incrementar el Índice de promoción de crecimiento (IPR) y/o la tasa de supervivencia, fijación de nitrógeno y la colonización de la rizosfera. Para lograr esto, se emplearán técnicas avanzadas de redes neuronales y algoritmos genéticos. El enfoque consistirá en identificar combinaciones específicas de características genéticas y metabólicas en las rizobacterias que maximicen su capacidad para promover el crecimiento y la resistencia a enfermedades de las plantas.

Objetivos específicos

1. Desarrollar un análisis del estado del arte, tomando así información relevante de las rizobacterias, así como de las técnicas utilizadas de algoritmos genéticos y redes neuronales y revisión de literatura especializada similar.
2. Tomar requisitos para el desarrollo tomando en cuenta restricciones de diseño de la rizobacteria y el entorno de la planta como entradas en los futuros algoritmos.
3. Desarrollar los algoritmos necesarios para el diseño de las rizobacterias utilizando técnicas de redes neuronales y algoritmos genéticos.
4. Implementar de forma práctica o simular los efectos de una rizobacteria diseñada por los algoritmos para comprobar su efectividad.

3. Justificación

El crecimiento poblacional y la demanda creciente de alimentos plantean desafíos significativos para la agricultura moderna. El presente trabajo aborda el problema de manera innovadora al proponer el diseño óptimo de rizobacterias para mejorar el rendimiento de los cultivos. Esta solución tentativa se fundamenta en la aplicación de técnicas de vanguardia, como las redes neuronales y los algoritmos genéticos, para identificar combinaciones genéticas y metabólicas óptimas en las bacterias promotoras del crecimiento vegetal.

Las contribuciones potenciales de este trabajo son diversas y significativas. En primer lugar, la originalidad radica en la aplicación de técnicas de inteligencia artificial y algoritmos genéticos para el diseño de rizobacterias beneficiosas en la agricultura. Esta novedosa aproximación podría tener un impacto considerable en la eficiencia y sostenibilidad de la producción agrícola, al reducir la dependencia de fertilizantes químicos y pesticidas. La relevancia de esta iniciativa radica en la aplicación responsable de la tecnología para promover la ayuda del medio ambiente y lograr de manera más significativa la preservación del medio ambiente. ayuda a que el desarrollo sea más sano y fuerte, promueve una maduración temprana que ayuda a que los frutos se produzcan antes no es dañino usar bacterias genéticamente modificada o artificiales porque no está siendo un ataque tan directo a la fruta al contrario como lo hacen los fertilizantes que pueden ser más dañinos porque suele ser más directo el ataque y suele ser más perjudicial a la fruta. [8]

La vinculación con los usuarios potenciales es directa y amplia. Los principales beneficiados serían los agricultores y productores de alimentos, quienes podrían mejorar el rendimiento y la calidad de sus cultivos de manera más sostenible y económicamente viable. Además, esta tecnología podría ser de interés para empresas del sector biotecnológico y agroquímico, así como para instituciones gubernamentales interesadas en promover prácticas agrícolas más sustentables.

En términos de mejorar lo que ya existe al respecto, este trabajo propone una intervención innovadora que complementa y, potencialmente, supera las prácticas convencionales de fertilización y protección de cultivos. Al diseñar rizobacterias específicas para promover el crecimiento y la salud de las plantas, se abre la posibilidad de reducir el uso de productos químicos nocivos y mejorar la salud del suelo a largo plazo.

La complejidad inherente al proyecto radica en la integración de múltiples disciplinas, desde la microbiología hasta las redes neuronales y los algoritmos genéticos. Esta interdisciplinariedad refleja la calidad y amplitud de los conocimientos adquiridos durante la carrera.

En términos de viabilidad, el proyecto, al ser en su gran mayoría desarrollado por equipo de cómputo de características no tan exigentes, y teniendo acceso a múltiples herramientas, el desarrollo no tendría mayores complicación hasta la implementación práctica de darse el caso. Los plazos y costos asociados se consideran razonables y están alineados con los objetivos y alcances del trabajo. Además, la colaboración potencial con empresas del sector podría facilitar la obtención de recursos adicionales y la aplicación práctica de los resultados obtenidos.

4. Productos o Resultados esperados

El resultado esperado será una técnica precisa y útil que manifieste técnicas de inteligencia artificial, ayudando así de una forma más personalizada al crecimiento y la salud de una planta tomando en cuenta su entorno.

A continuación, se listan los resultados esperados:

1. Código/códigos desarrollados.
2. Documento teórico de las técnicas de diseño utilizadas para las rizobacterias
3. Documento analizando los resultados de la implementación práctica o simulación.

También, mostramos un esquema general sobre el funcionamiento de los algoritmos.

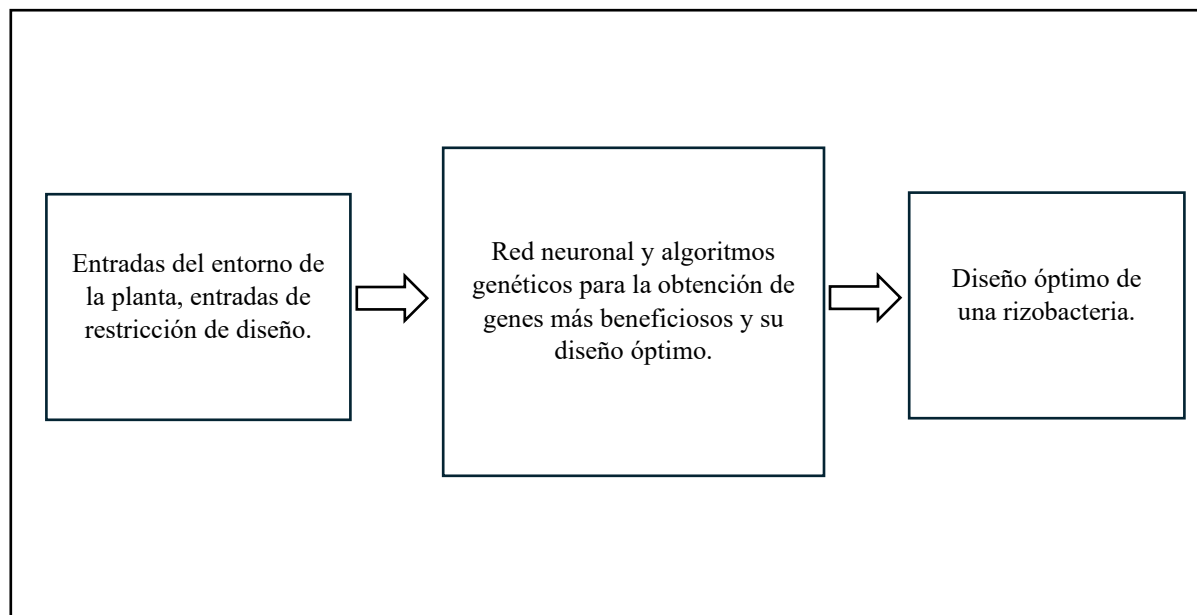


Figura 1. Esquema general de la arquitectura del Trabajo Terminal

5. Metodología

Para facilitar el desarrollo del proyecto, se seguirá una metodología en espiral adaptada a las necesidades específicas del diseño optimizado de rizobacterias. Esta metodología permitirá una iteración continua entre el diseño, la implementación y la evaluación de las rizobacterias, lo que garantizará una mejora progresiva y constante en su eficacia para nuestros propósitos. [9]

En primer lugar, se recopilarán datos sobre las características genéticas y metabólicas de las rizobacterias utilizando técnicas de secuenciación de ADN y análisis bioinformáticos. Estos datos servirán como entrada para el desarrollo de modelos de redes neuronales que identificarán patrones y relaciones entre las características bacterianas y su capacidad para promover el crecimiento y la salud de las plantas.[10]

Una vez desarrollados los modelos, se procederá a la optimización de las rizobacterias utilizando algoritmos genéticos. Estos algoritmos buscarán iterativamente combinaciones óptimas de características bacterianas que maximicen su eficacia como promotores del crecimiento vegetal [11]. Este proceso se realizará en ciclos de experimentación en los que se seleccionarán las mejores combinaciones de características bacterianas identificadas por los modelos y se evaluará su desempeño en condiciones de laboratorio.

Estas técnicas, en conjuntos con la metodología en espiral promueven una aproximación sistemática y adaptable al desarrollo del proyecto. La metodología en espiral promueve la iteración continua entre la planificación, la implementación y la evaluación, lo que permite una mejora progresiva y una mayor flexibilidad para adaptarse a los hallazgos y desafíos que surjan durante el proceso. La integración de la metodología en espiral también facilita la identificación temprana de posibles limitaciones o áreas de mejora en el enfoque propuesto, lo que permite realizar ajustes y refinamientos en etapas tempranas del proyecto.

6. Cronograma

Nombre del alumno(a): Legorreta Flores José Carlos TT No.:

Título del TT: diseño optimizado e inteligente de rizobacterias para la mejora en el crecimiento y salud de una planta.

[illegible]

Nombre del alumno(a): Álvarez Cañedo Emmanuel .TT No.:

Título del TT: diseño optimizado e inteligente de rizobacterias para la mejora en el crecimiento y salud de una planta.

Actividad	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Investigación sobre rizobacterias.											
Desarrollo de documento de técnicas.											
Toma de requisitos para el desarrollo.											
Desarrollo de algoritmos.											
Implementación practica o simulación.											

7. Referencias

- [1] E. Pérez, "Ya se puede programar una bacteria como una computadora," Infobae, August 24, 2017. [Online]. Available: <https://www.infobae.com/america/vice/2017/08/24/ya-se-puede-programar-una-bacteria-como-una-computadora/>
- [2] A. Podile and G. Kishore, "Plant growth-promoting rhizobacteria," in Plant-associated bacteria, pp. 195-230, 2006.
- [3] Y. E. Morales-García, D. Juárez-Hernández, A. L. Hernández-Tenorio, J. M. Muñoz-Morales, A. Baez, and J. Muñoz-Rojas, "Inoculante de segunda generación para incrementar el crecimiento y salud de plantas de jardín," Alianzas y Tendencias BUAP, vol. 5, no. 20, pp. 136-154, 2020.
- [4] L. Zhao, S. Walkowiak, and W.G.D. Fernando, "Artificial Intelligence: A Promising Tool in Exploring the Phytomicrobiome in Managing Disease and Promoting Plant Health," Plants, vol. 12, no. 9, p. 1852, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/plants12091852>
- [5] M. Köpke, "Solving biotech challenges with AI."
- [6] Y. E. M. en H Alain Ricardo Picos Benítez, "OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SALOBRES," Alianzas y Tendencias BUAP, vol. 5, no. 20, pp. 136-154, [Online]. Available: <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/316/1/Optimizaci%C3%B3n%20de%20procesos%20de%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20salobres..pdf>
- [7] Y. E. Morales-García, D. Juárez-Hernández, A. L. Hernández-Tenorio, J. M. Muñoz-Morales, A. Baez, and J. Muñoz-Rojas, "Genetic Circuit Design in Rhizobacteria," Alianzas y Tendencias BUAP, vol. 5, no. 20, pp. 136-154, 2020. [Online]. Available: <https://spj.science.org/doi/full/10.34133/2022/9858049>
- [8] J. Martínez-de-León and L. Rocha, "Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: una revisión crítica," vol. 38, no. 4, pp. 373-381, 2017. [Online]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792010000100007&script=sci_arttext
- [9] V. M. Cisneros Vilca and D. L. Espinoza Sánchez, "Diseño de un modelo para la toma de decisiones para los proyectos de software que utilizan la metodología espiral," Universidad Nacional de Trujillo, May 2013. [Online]. Available: <https://www.ionos.mx/startupguide/productividad/modelo-en-espiral/>
- [10] A. García and M. López, "Tecnologías bioinformáticas para el análisis de secuencias de ADN," Revista Ciencia, vol. 23, no. 2, pp. 34-48, 2019. [Online]. Available: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1491>
- [11] S. Gómez and M. Pérez, "Clasificadores de Aprendizaje Automático aplicados a Datos RKI MALDI-TOF de Espectrometría de Masa de Bacterias," Revista Digital de la Universidad Nacional de Río Cuarto, vol. 6, no. 12, pp. 1-15, 2017. [Online]. Available: <https://scholar.archive.org/work/sbnuyiberbflfo32u6nm2xorui/access/wayback/http://rtyc.utn.edu.ar/index.php/rtyc/article/download/818/715>

9. Alumnos y Directores

Legorreta Flores José Carlos. - Alumno

de la carrera de Ingeniería en Inteligencia Artificial en

ESCOM, Boleta: 2022690124, Tel.

8331101641, email jlegorretaf2100@alumno.ipn.mx.

Firma: _____



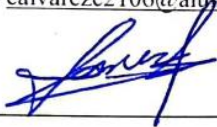
Álvarez Cañedo Emmanuel. - Alumno

de la carrera de Ingeniería en Inteligencia Artificial en

ESCOM, Boleta: 2022690115, Tel.

5534224988, email calvarezc2106@alumno.ipn.mx.

Firma: _____



Molina Pérez Daniel. - Doctor en Ingeniería de Sistemas

Robóticos y Mecatrónicos, Desarrollo de técnicas de coevolución

cooperativa en algoritmos bio-inspirados para la solución de

problemas de ingeniería mecatrónica con variables mixtas

(SIP-IPN ene/2023-dic/2023), profesor interino de ESCOM/IPN

de las asignaturas algoritmos bioinspirados, estructuras de datos y

tópicos selectos de algoritmos bioinspirados, Coordinador de la asignatura de

algoritmos boinspirados, Áreas de Interés: Algoritmos bioinspirados,

optimización, algoritmos metaheurísticos,

Teléfono: +52 1 55 3545 4955, email: danielmolinaperez90@gmail.com .

Firma: _____

