

Systematic review of algorithms for detection of fungal diseases in rice.

Revisión sistemática de los algoritmos para detección de enfermedades fúngicas en el arroz.

Autores:

Facuy Delgado, Jussen
UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
Docente, Ingeniero en Computación e informática, Magister en Finanzas y Proyectos
Corporativos, Magister en Gestión Ambiental
Guayaquil-Ecuador



jfacuy@uagraira.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-8527-6087>

Molina Oleas, Wilson, MBA
UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
Docente, Ingeniero en Computación e Informática, Máster en Administración de Empresas,
Magister en Dirección y Gestión de Proyectos Tecnológicos
Guayaquil-Ecuador



wmolina@uagraria.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-2344-5064>

Ortega Ponce, Laura
UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
Docente, Ingeniero Comercial, Magister en Docencia Universitaria, Máster en
Administración de Empresas
Guayaquil-Ecuador



lortega@uagraria.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-4207-3246>

Citación/como citar este artículo: Facuy, J., Molina, W. y Ortega, L. (2022). Revisión sistemática de los algoritmos para detección de enfermedades fúngicas en el arroz. MQRInvestigar, 6(4), 608-620.
<https://doi.org/10.56048/MQR20225.6.4.2022.608-620>

Fechas de recepción: 05-OCT-2022 aceptación: 20-OCT-2022 publicación: 15-DIC-2022



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>

Resumen

El presente artículo, detalla sobre la posibilidad de detectar enfermedades fúngicas en cultivos de arroz, utilizando técnicas de inteligencia artificial. Los autores de la información recopilada hacen propuestas de técnicas de obtención de características de las hojas o frutos de las plantas, así como también el uso de algoritmos clasificadores o de agrupación, todo esto con el fin de determinar si una hoja, presenta signos de alguna enfermedad. Al haber diversos tipos de enfermedades y diversas variedades de plantas, los autores hacen propuestas para utilizar el algoritmo que ellos consideran el que obtendrá mejores resultados. Al final se concluyó que, sí es posible detectar enfermedades trayendo consigo un beneficio directo para el agricultor que la implemente, ya que un diagnóstico oportuno, daría una respuesta a la enfermedad y por lo tanto reducción del riesgo en pérdidas económicas.

Palabras claves: Inteligencia Artificial, Patrones, Algoritmos, Enfermedades, Hongos.

Abstract

This article details the possibility of detecting fungal diseases in rice crops, using artificial intelligence techniques. The authors of the information collected, make proposals for techniques to obtain characteristics of the leaves or fruits of the plants, as well as the use of sorting or grouping algorithms, all this in order to determine if a leaf shows signs of any disease. As there are various types of diseases and various varieties of plants, the authors make proposals to use the algorithm that they consider to be the one that will obtain the best results. In the end it was concluded that, it is possible to detect diseases bringing with it a direct benefit for the farmer who implements it, since a timely diagnosis would give a response to the disease and therefore reduce the risk in economic losses.

Keywords: Artificial Intelligence, Patterns, Algorithms, Diseases, Fungi.

Introducción

La producción puede verse afectada por muchas amenazas, de las cuales las plagas y enfermedades pueden ser las más devastadoras y pueden causar daños significativos a los cultivos. La inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático facilitan aspectos de la vida diaria, y es raro que los sectores comerciales y domésticos no se utilicen. Aunque la agricultura se considera una de las industrias más antiguas, requiere un enfoque más inteligente y eficiente para que pueda satisfacer estas necesidades. Gracias a la tecnología de inteligencia artificial, puede mejorar muchos aspectos de la agricultura, como optimiza el monitoreo de la condición del suelo, un control de plagas más efectivo, usa índices de vegetación para mejorar varios aspectos, entre otros. Por esta razón, la inteligencia artificial se está volviendo cada vez más popular (Galeano, 2016).

Los sectores de producción y tecnología siempre han ido de la mano, generando diversas investigaciones y han contribuido a importantes avances en el desarrollo de sistemas enfocados a apoyar las actividades del sector productivo. Por esta razón, se ha considerado el uso de técnicas de reconocimiento de patrones y visión artificial, así como una serie de algoritmos de clasificación que identifican automáticamente la enfermedad probable, lo que ayuda a los especialistas a facilitar su trabajo y pueden proporcionar un diagnóstico oportuno para el tratamiento (Fouquet, 2021).

Enfermedades fúngicas en el arroz

Según Valdez, Ríos, Ormeño, Torres y Torres (2019), el cultivo del arroz es afectado por numerosos agentes infecciosos que causan distintas enfermedades, y que en determinadas condiciones ambientales constituyen uno de los factores limitantes de mayor importancia en el aprovechamiento de este cereal. La actividad desarrollada por estos entes (hongos), en los órganos invadidos (hojas, tallos, inflorescencias, semillas), origina disminuciones, tanto en la calidad como en la cantidad de la cosecha. La magnitud de las pérdidas económicas se encuentra determinada por los niveles de susceptibilidad de las variedades sembradas y por el tipo de manejo agronómico que ellas reciben.

Dentro de las principales enfermedades fúngicas que atacan al cultivo del arroz se pueden citar la pyriculariosis producida por el hongo *Pyricularia oryzae*, la mancha parda, la

escaldadura foliar, la pudrición de la vaina, la pudrición del tallo, la pudrición negra de la hoja envainadora, la mancha lineal y el manchado del grano (Cardona y González, 2008).

Dado que el aire es el medio más común para la dispersión de esporas fúngicas y de fragmentos de hifas, resulta útil el estudio de la presencia en el aire de propágulos de hongos que pueden causar enfermedades al cultivo del arroz. La identificación del espectro de esporas de hongos de una región, así como sus variaciones estacionales, constituyen un principio fundamental para iniciar medidas preventivas oportunas ante las afecciones fúngicas (Gutiérrez, 2010).

Pyriculariosis

Según como detalla Kimura (2008), esta enfermedad puede recibir distintos nombres según se encuentre en forma sexual (*Magnaporthe oryzae*) o asexual (*Pyricularia grisea* o *Pyricularia oryzae*). El hongo hiberna en hojas o en otros restos del cultivo anterior. La enfermedad se inicia básicamente en la parte baja de la planta. Sus causas son: Presencia de inóculo (máximo a finales de agosto-ppio septiembre), por las condiciones meteorológicas (15-28 °C HR > 90 % durante 14 h) Hoja mojada. La dispersión de la enfermedad se da: Rastrojo, semilla y malas hierbas.



Figura 1: Enfermedades del arroz

La helmintosporiosis

Los hongos que provocan esta enfermedad pertenecen a diversas especies de patógenos, si bien la principal es *Bipolaris oryzae*. El hongo que causa esta enfermedad sobrevive en los restos de cultivo del año anterior y también se puede transmitir con la semilla. Esta enfermedad no está tan estudiada como la pyriculariosis, puesto que las pérdidas que puede ocasionar nunca son tan severas como las de Pyricularia, pero aparece cada año y tiene un impacto sobre la cosecha que puede llegar a ser superior al 10%, tanto por el descenso en la producción como en la calidad. Esta enfermedad surge cuando la planta sufre algún tipo de estrés, que puede ser causado por la salinidad, estrés hídrico, carencias nutricionales, etc. (Kimura, 2008).



Figura 2: Enfermedad del arroz

Técnicas y algoritmos empleados

Para llegar a la clasificación de las enfermedades, los autores se basan en metodologías ya probadas por Roldán, Roshan y Sánchez (2019), adquisición de los datos, preprocesamiento, extracción de características y reconocimiento, son los pasos o procedimientos que se siguen para obtener resultados asertivos. Para la adquisición de las imágenes, se hace uso de cámaras digitales para capturar las hojas o las partes donde es visible el daño causado por la enfermedad, así como también conjuntos de imágenes disponibles en la web y que se han puesto a disposición de todo el público sirviendo como base para el entrenamiento del modelo.

Una vez adquiridas las imágenes, pasan al preprocesamiento, en donde se les darán un tratamiento como el escalado, eliminación de ruido, transformación del espacio de color, equalización de histograma y todo lo que se pueda hacer para maximizar las características. Para cuando pasa al siguiente proceso, la imagen va más limpia, por lo tanto, al aplicarle las técnicas de segmentación, éstas separarán los puntos de interés con mejor precisión, obteniendo datos valiosos que serán más descriptivos de la enfermedad. Una vez teniendo las características, lo siguiente es hacer la clasificación, hacer uso de los algoritmos, obtener

los resultados y hacer una descripción de estos. Es en este paso, cuando se muestra la eficacia del procedimiento, si se ha clasificado de acuerdo con lo esperado (Roldán, Roshan y Sánchez, 2019).

Inteligencia Artificial – Machine Learning

El Machine Learning es un aprendizaje basado en el análisis de datos, que requiere de un entrenamiento para su efectividad, usando algoritmos. Gracias a dicho entrenamiento la maquina crea un modelo de salida, teniendo en cuenta los datos de la entrada. Son un conjunto de algoritmos clasificadores que se utilizan en diversas aplicaciones tales como detección de personas u objetos, clasificación de contenido web, correos electrónicos, entre otros. Construyen un hiperplano en un espacio multidimensional para separar las clases, dicho hiperplano es construido de forma iterativa, lo que minimiza el error. Su objetivo en encontrar un hiperplano que divida de la mejor manera el conjunto de datos en clases (Sierra, 2021).

Regresión Lineal

Es una técnica paramétrica es decir que antes de revisar los datos, es posible conocer cuántos parámetros o coeficientes se van a requerir el análisis y clasificación. En el caso que se esté evaluando una sola variable, x , la línea requerirá 2 parámetros. El aprendizaje mediante regresión lineal consiste en encontrar cuáles son los mejores parámetros (coeficientes) para los datos que se tengan. Los mejores coeficientes serán los que minimicen alguna medida de error (Sierra, 2021).

Algoritmos

Tabla 1: Tipos de algoritmos

| Algoritmo | Propiedades |
|-------------|---|
| Fuzzy logic | Se basa en reglas heurísticas, se usa para procesos altamente no lineales. Fácil implementación. |
| SVM | Se basa en reglas heurísticas, se usa para procesos altamente no lineales. Fácil implementación. |
| Bayes | Es muy eficiente donde se utiliza este tipo de entorno de aprendizaje supervisado. No se requiere de gran cantidad de datos para su entrenamiento. |
| KNN | Busca de las observaciones más cercanas a la que está tratando de predecir y clasifica el punto de interés basado en la mayoría de los datos de entrenamiento. |
| ANN | La clasificación es muy eficiente, a costa de un entrenamiento costoso computacionalmente. |
| CNN | El desempeño de las redes neuronales convolucionales en el reconocimiento de objetos y la clasificación de imágenes ha hecho un gran progreso en los últimos años. Tienden a ser más precisas a costa del alto costo computacional. En el entrenamiento puede requerir un número considerable de imágenes para producir resultados fiables. |

Modificado de Medina (2021).

Material y métodos

Los principales métodos según Sierra (2021), empleados en la investigación son los siguientes:

El método deductivo, que es empleado sobre todo en la lógica y el razonamiento formal, extrae de un conjunto finito de premisas comprobadas una conclusión única y verdadera (Urbina, 2022).

Como base metodológica que definirá el uso de los métodos científicos generales, plantea como principio: el movimiento espiral y ascendente del conocimiento, identificando las contradicciones, los nexos y las transformaciones que se evidencian a lo largo de la investigación. A través del mismo se podrá determinar las particularidades, regularidades y tendencias de los sistemas expertos para el diagnóstico de plagas y enfermedades en los cultivos.

Se utilizarán métodos teóricos como: El método de análisis histórico y lógico, este permitirá el estudio de las distintas etapas por las que transitará el debate sobre la utilización de los sistemas expertos en el diagnóstico de plagas y enfermedades en los cultivos. Permitirá establecer el marco conceptual de la investigación, así como determinar las principales tendencias de las plagas y enfermedades que afectan al cultivo del arroz con auxilio de la Inteligencia Artificial y los sistemas expertos.

Como métodos empíricos esenciales se utilizará La medición: como método que se utiliza para obtener información numérica acerca de la cualidad de los sistemas expertos para el diagnóstico de plagas y enfermedades en el arroz, donde se comparan magnitudes medibles y conocidas. Es la atribución de valores cuantitativos a determinadas propiedades relacionadas con el uso de los sistemas expertos en función del diagnóstico de plagas y enfermedades en el cultivo del arroz.

Como técnicas de investigación se emplea análisis documental se utilizó para la consulta de documentos y la obtención de información relacionada con las plagas y enfermedades que afectan el cultivo del arroz, que permitirán el diagnóstico del objeto de estudio.

Resultados

Uno de los mayores problemas en el sector agrícola es el azote de plagas y enfermedades, llegando a ser muy perjudiciales y generan grandes pérdidas, tanto de cultivos como monetarias. Si bien es cierto, esto genera muchas dificultades para los agricultores, ya que repercute en su trabajo, también se debe tener en cuenta que no todos poseen el conocimiento necesario, ni la capacidad para poder afrontar este tipo de desastres. En consecuencia, gracias a la inteligencia artificial, será capaz de diagnosticar, prevenir y tratar a este tipo de problemas para que cualquier persona, y más aún, los agricultores se vean beneficiados al tomar algunas acciones inmediatas que los ayude a combatir estas plagas y enfermedades (Roldán, Roshan, & Sánchez, 2019).

Después de la realización de un análisis intensivo de la toda la información y bibliografía consultada, se determinó usar las reglas de producción en lenguaje Prolog, por adaptarse mejor a las condiciones del problema. Para ello la organización del conocimiento quedó dividida en un módulo, que dispone de un predicado principal que será el responsable de invocar al conocimiento almacenado en esa parte.

La técnica utilizada se basa en extraer las características de las imágenes de la granada,

| Cultivo | Plagas y enfermedades |
|---------|---|
| Arroz | ✓ Piricularia (<i>Pyricularia oryzae</i>), Chilo Supressalis o Barrenador del Arroz, <i>Pyricularia grisea</i> del arroz, Rosquillas, Pudenta (<i>Eysarcoris ventralis</i>) |

Figura 3: Enfermedades del arroz

como el color, morfología y el vector de coherencia de color para posteriormente realizar la clasificación mediante el algoritmo SVM dándoles una precisión del 85% con una cámara de 10 megapíxeles. Los autores sabiendo que los agricultores no siempre tendrán los medios óptimos de captura para subir las imágenes al sistema, realizaron pruebas significativas con las cámaras de los dispositivos móviles con resoluciones de 5 y 3 megapíxeles, y obtuvieron resultados de 82% y 79% respectivamente (Ekky, 2018).

Golhani (2019), para la extracción de características utilizaron el método de concurrencia de color, ya que consideran mejor utilizar la imagen a color que la tradicional escala de grises. Para hacer la clasificación, utilizaron MDC con K-Mean obteniendo 86.54 %, MDC con un

algoritmo propuesto por ellos, obteniendo una mejora de 93.63% y SVM con algoritmo propuesto obteniendo una mejora significativa de 95.71%.

Así mismo, se propone algoritmos para identificar múltiples enfermedades de las plantas, basándose en el análisis del color y usando un algoritmo de clasificación por pares. Según ellos con su metodología, les permite operar en condiciones no controladas y así poder abarcar un gran número de enfermedades.

Discusión

De los algoritmos SVM se puede concluir que es otra buena alternativa para la resolución de estos casos, aunque en un principio, no fueron pensados para resolver este tipo de problemas, con el paso del tiempo se han ido adaptando y presentando resultados muy buenos. Con utilizar RBF y SOM parece bastante buena, comparados con KNN, ANN, Bayes, su enfoque de obtener las características por su textura y color, hace que se obtenga mejores resultados, pues la elección de esta última es la que mejor se desenvuelve para estos casos (Roldán, Roshan, & Sánchez, 2019).

Cuando la clasificación es para pocas enfermedades, se podría decir que es relativamente fácil, pero cuando realmente se quiere abarcar más enfermedades o más cultivos, es cuando aumenta la complejidad, con su clasificación por pares donde se basa en la teoría de que las plantas presentan síntomas parecidos cuando son atacados por la misma enfermedad y que su algoritmo puede ser reentrenado para nuevas enfermedades. En cuanto a enfermedades fúngica más dañina es la *Pyricularia oryzae*, los arroceros también constatan ataques generalizados de la helmintosporiosis, también llamada ‘moscat’, que provoca manchas negras en las cáscaras de arroz y, en función de la intensidad, puede dejar el grano sin valor comercial (Gutiérrez, 2010).

Conclusiones

Como se pudo observar en esta revisión de artículos, los trabajos que obtuvieron mejores resultados son arrojados gracias a la inteligencia artificial, su uso es cada vez más tendencioso para este tipo de problemáticas, pues se obtienen diagnósticos más cercanos a lo que un experto humano determinaría. El único problema sería que el entrenamiento es demasiado costoso computacionalmente y se requiere una gran cantidad de datos para hacerlo.

Si los datos de estudio no fuesen suficientes, la recomendación sería árboles de decisión con lógica difusa, ya que es el algoritmo con mejores resultados después de las redes convolucionales. Aunque no es muy preciso, podemos confiar que a medida que avancen las tecnologías, se podrá llegar a valores más óptimos y con un costo menor computacionalmente. Otro punto importante que podemos hacer notar es que, con el uso de nuevas tecnologías como el aprendizaje automático y el reconocimiento de patrones, se pueden detectar enfermedades en los cultivos y hacer un diagnóstico oportuno, disminuyendo el riesgo de pérdidas agrícolas y económicas, lo que traería un beneficio directo a los agricultores que la implementase.

Referencias bibliográficas

- Cardona, R., & González, M. (2008). *Caracterización y patogenicidad de hongos del complejo helminthosporium asociados al cultivo del arroz en Venezuela*. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612008000200009
- Ekky. (2018). *Las enfermedades fúngicas causan importantes mermas en los arrozales*. Obtenido de <https://www.phytoma.com/noticias/noticias-de-actualidad/las-enfermedades-fungicas-causan-importantes-mermas-en-los-arrozales-valencianos>
- Fouquet, F. (2021). *Inteligencia Artificial aplicada a la agricultura de precisión*. Málaga: Universidad de Málaga.
- Galeano, L. (2016). *Evaluación de la producción de biofungicidas en Streptomyces spp. aisladas de cultivos de papa para el control de hongos*. Ambato: Universidad de Los Andes. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/55383/26271.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Golhani, K. (2019). *Enfoques no invasivos para la evaluación y el monitoreo de enfermedades vegetales*. Palmas.

- Gutiérrez, S. (2010). *Monitoreo de enfermedades en semillas de arroz: detección, cuantificación y transmisión de Alternaria padwickii y Microdochium oryzae*. Obtenido de <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/154>
- Kimura, Y. (2008). *Plagas del Arroz*. Obtenido de https://www.jica.go.jp/project/panama/0603268/materials/pdf/04_manual/manual_06.pdf
- Medina, Y. (2021). Sistema inteligente para el diagnóstico de plagas y enfermedades en el cultivo de arroz. *ISSN 2224-2643*.
- Roldán, B., Roshan, R., & Sánchez, E. (2019). Detección de enfermedades en el sector agrícola utilizando inteligencia artificial. *ISSN 1870-4069*, 419–427.
- Sierra, V. (2021). *Algoritmo de detección de mosca blanca por medio de inteligencia artificial*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42374/vysierrag.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Urbina, J. (2022). *Métodos de investigación*. Obtenido de <https://concepto.de/metodos-de-investigacion/>
- Valdez, R., Ríos, W., Ormeño, E., Torres, E., & Torres, J. (2019). *Caracterización genética de bacterias endofíticas de arroz (Oryza sativa L.) con actividad antimicrobiana contra Burkholderia glumae*. Argentina: Revista Argentina de Microbiología.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior, tesis, proyecto, etc.