

55

Fecha de presentación: febrero, 2020

Fecha de aceptación: marzo, 2020

Fecha de publicación: mayo, 2021

SISTEMA EXPERTO

PARA EL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES Y PLAGAS EN PLANTAS ORNAMENTALES

TITLE: EXPERT SYSTEM FOR THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF DISEASES AND PESTS IN ORNAMENTAL PLANTS

Ana Lucía Sandoval Pillajo¹

E-mail: ui.anasandoval@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1463-017X>

Marco Antonio Checa Cabrera¹

E-mail: ui.marcocheca@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4169-581X>

Rita Azucena Díaz Vásquez¹

E-mail: ui.ritadiaz@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4183-6974>

Jorge Lenin Acosta Espinoza¹

E-mail: ui.jorgeacosta@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4254-4228>

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Sandoval Pillajo, A. L., Checa Cabrera, M. A., Díaz Vásquez, R. A., & Acosta Espinoza, J. L. (2021). Sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades y plagas en plantas ornamentales. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 505-511.

RESUMEN

El diagnóstico de plagas y enfermedades en diferentes cultivos ha sido y es el mayor reto de los agricultores y floricultores en el país, así como la aplicación de la inteligencia artificial en el análisis temprano de estos. El presente trabajo se basó en la construcción de un sistema experto para el diagnóstico de plagas y enfermedades en plantas ornamentales, con el objetivo de ayudar a los usuarios no expertos y facilitar el análisis temprano. Para efectos de esta investigación se asumió una investigación descriptiva para la revisión documental y un enfoque cuantitativo con el método de entrevista y encuesta para determinar necesidades en la determinación de las características de enfermedades y plagas. Para el desarrollo del sistema experto se siguieron las etapas de la metodología ideal, y se utilizaron las herramientas de ATOM, interfaz editor de código multiplataforma; PhpMyAdmin, gestor de bases de datos MySQL y para la aplicación se utilizó código PHP y HTML. Los resultados demostraron que el sistema experto fue capaz de diagnosticar 17 enfermedades generales, 4 enfermedades específicas y 11 plagas en las rosas, clavel, orquídea y tulipán; así también permitió validar y comparar los diagnósticos realizados por un experto humano con los del sistema experto. En consecuencia, se puede decir que disponer de un sistema experto para el diagnóstico de plagas y enfermedades, disminuye el tiempo y ayuda al usuario no experto en el diagnóstico oportuno y tratamiento acertado.

Palabras clave: Sistema experto, diagnóstico de plagas y enfermedades, sistemas basados en conocimiento.

ABSTRACT

The diagnosis of pests and diseases in different crops has been and is the greatest challenge for farmers and floriculturists in the country, as well as the application of artificial intelligence in the early analysis of these. The present work was based on the construction of an expert system for the diagnosis of pests and diseases in ornamental plants, with the objective of helping non-expert users and facilitating early analysis. For the purposes of this research, a descriptive research was assumed for the documentary review and a quantitative approach with the interview and survey method to determine needs in the determination of the characteristics of diseases and pests. For the development of the expert system, the stages of the ideal methodology were followed, and the ATOM tools were used, multiplatform code editor interface; PhpMyAdmin, MySQL database manager and PHP and HTML code were used for the application. The results showed that the expert system was able to diagnose 17 general diseases, 4 specific diseases and 11 pests in roses, carnation, orchid and tulip; it also allowed to validate and compare the diagnoses made by a human expert with those of the expert system. Consequently, it can be said that having an expert system for the diagnosis of pests and diseases reduces time and helps the non-expert user in the timely diagnosis and accurate treatment.

Keywords: Expert system, pest and disease diagnosis, knowledge-based systems.

INTRODUCCIÓN

Ecuador por su ubicación geográfica, por la luz perpendicular, la cantidad de horas de iluminación, la calidad de la tierra y la altura sobre el nivel del mar tiene las mejores flores todo el año y se ha convertido en el segundo país exportador de flores en el mundo (Raynolds, 2020).

Esta industria de cultivos de flor cortada ha sido beneficiada por su ubicación, pero también por años se ha enfrentado al ataque de enfermedades y plagas; las plagas se esparcen muy rápidamente, dañando la flor, destruyendo sus tallos, hojas y raíces, lo que acaba con toda la plantación y con cultivos cercanos. De allí, que el control de las plagas ha sido una lucha continua (Knapp, 2017).

Según el coordinador nacional de Sanidad Vegetal de Agrocalidad, Patricio Almeida asegura que una flor sana es una flor con mayor valor comercial, es así como Ecuador a través del Aseguramiento de la Calidad del Agro (Agrocalidad) mantiene un riguroso control de calidad y se ha logrado a la fecha reducir más del 400% de las plagas en las flores (García Batista, et al., 2019).

Sin embargo, el diagnóstico y detección de plagas y enfermedades en plantas se ve limitado, ineficaz e ineficiente por usuarios que no son productores de flores para exportación; estos usuarios están limitados a la consulta con un experto en plagas y enfermedades de flores ornamentales que pueda dar una acción correcta.

El presente proyecto propone diseñar un Sistema Experto (Wagner, 2017) en flores ornamentales que permita recabar la información de un experto en flores y alimentar el sistema para que pueda realizar el diagnóstico de plagas y enfermedades en plantas ornamentales de forma rápida con el objetivo de ayudar al usuario común en el cuidado de las plantas sin la asistencia de un experto y así contribuir al cuidado eficiente a tiempo y con ahorro de costos.

La Inteligencia Artificial (IA), desde sus inicios ha tratado de hacer que las máquinas imiten el razonamiento humano, reproduzcan la forma de adquirir el conocimiento y remedien los procesos para generar nuevo conocimiento. Una de las ramas de la IA son los Sistemas basados en Conocimiento (SBC) (Tarus, et al., 2018), también llamados Sistemas Expertos (SE) (Rossini, 2000), los SE, son el área más importante de la informática (Anjara & Jaharadak, 2019) porque brindan la posibilidad de tomar decisiones de manera más rápida y precisa de lo que un ser humano lo haría, lo que los hace una herramienta potente dado a que está en la capacidad de procesar grandes volúmenes de información.

Los SE, son herramientas poderosas que realizan automáticamente tareas cognitivas, que intentan simular el comportamiento de los expertos humanos en determinadas áreas del conocimiento, transmitiendo su competencia y experiencia a un sistema basado en computadora (Romero García & Rodríguez Rodríguez, 2004) para la toma de decisiones de manera más precisa.

Actualmente existen varios aportes de SE en múltiples disciplinas, en lo que respecta al diagnóstico de enfermedades y plagas en plantas frutales, hortalizas y otros cultivos. A continuación, se indican algunos estudios que han sido de utilidad en la investigación.

Diseño y desarrollo de un Sistema inteligente para el diagnóstico y monitoreo de plagas y enfermedades en frutas y hortalizas (Ochoa & Kemper, 2009), este estudio identifica 8 enfermedades y 14 plagas en el jitomate y 11 enfermedades y 6 plagas en el mango.

Se utiliza para el diagnóstico de enfermedades y plagas en el cultivo de berenjena, en la región caribe de Colombia, Colombia, este sistema tiene la capacidad de identificar 9 plagas (Bula, et al., 2013).

Fungi SE para el diagnóstico de hongos en cultivos con: arroz, frijol, tabaco, plátano, ajo, cebolla, maíz, café y cacao (Quintero-Domínguez, et al., 2019). El modelo de pronóstico de plagas y enfermedades agrícolas en tiempo real dispone de 179 modelos de plagas y 8 modelos de enfermedades para más de 45 cultivos.

En la revisión bibliográfica se identificó además App para la identificación de plagas en plantas y cultivos, estas aplicaciones tienen en sus bases de datos más de 50.000 imágenes de cultivos con y sin la afección de plagas y enfermedades mediante las que se realiza comparaciones y se puede realizar un diagnóstico breve del problema.

Un SE, emplea conocimiento humano capturado en una computadora, que pueden ser utilizados por no-expertos para mejorar las habilidades en la resolución de problemas, o por los mismos expertos como asistentes en sus actividades (Badaró, et al., 2013); esta información debe estar contenida en una base de datos, o "base de conocimiento propia a cada disciplina relacionado con la problemática a resolver". (Murillo Soto & Guerrero Castro, 2011, p. 46)

Los sistemas expertos para la captura de conocimiento se basan en reglas y estas reglas utilizan el "sí., entonces" (Badaró, et al., 2013). Para el desarrollo de SE, existen varias metodologías y métodos como la metodología RUP (Anwar, 2014). Esta es una metodología ideal es de interés, ya que cada fase finaliza con el desarrollo de un

prototipo, permite la evaluación de las soluciones y tiene etapas dedicadas al despliegue de la solución (Ferrer, et al., 2015).

El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta de Sistema Experto basado en reglas, para el diagnóstico de plagas y enfermedades en 4 plagas ornamentales (rosa, clavel, orquídea y tulipán). La actividad florícola en el Ecuador se remonta a principios de los años 80; es el cuarto producto de exportación no petrolero del país de mayor ingreso. En el 2016 se han registrado 204 empresas dedicadas a esta actividad. A continuación, se define e identifican las más relevantes y acorde con las plantas ornamentales de estudio.

Las enfermedades pueden ser producidas por tres tipos de patógenos: hongos, bacterias y virus. Hay enfermedades que afectan a algunas plantas, y otras que son específicas, sólo afecta a una en particular (García & Pérez, 2003). En el presente estudio se ha realizado una clasificación de: enfermedades generales (que afectan a todas las plantas) y enfermedades específicas (propias de cada planta).

Se han identificado 17 Enfermedades generales con sus respectivas características y sintomatología, en la figura 1, se presentan las dos más representativas (Tabla 1).

Tabla 1. Enfermedades Generales.

Enfermedades (Reglas)	Descripción	Síntomas(hechos)
Mancha Negra	Una afección que se presenta con mucha frecuencia y es causada por el hongo conocido científicamente como <i>Rhytisma acerinum</i> .	<p>Manchas en la cara superior de las hojas</p> <p>Manchas color casi negro sobre las hojas.</p> <p>Manchas con bordes difusos sobre las hojas.</p> <p>Las manchas están sobre la nervadura principal.</p> <p>Debilitamiento de la planta</p> <p>Manchas negras a reverso de la hoja.</p>
Viruela	Nombre científico: <i>Ramularia tulasnei</i> . Aunque la enfermedad sea llamativa, es poco importante.	<p>La planta se empieza a caer.</p> <p>las manchas están en ambas caras de las hojas.</p> <p>Las manchas tienen el centro blanquecino</p> <p>Las manchas son de color rojizas.</p> <p>Manchas circulares sobre las hojas.</p> <p>Las manchas tienen márgenes definidos.</p>

Enfermedades Específicas: Se han revisado las enfermedades específicas del clavel, rosa, orquídea y tulipán, dando un total de 4 enfermedades específicas. Hay plagas que afectan a algunas plantas, es decir, que estas plagas determinadas no afectan a una sola planta en concreto, si no a varias y estas pueden ser tanto plantas florales, hortalizas como frutales. Se consideran como plagas los siguientes: insectos, ácaros, caracoles, nematodos, topos, pájaros, gatos.

Se han identificado 11 plagas más comunes que afectan en general a las plantas. En la tabla 2 se evidencia dos de las 11 plagas en las que se consideró en la investigación, la información muestra la descripción y la sintomatología de cada plaga.

Tabla 2. Plagas que afecta a más de un cultivo.

Plagas	Descripción	Síntomas
Pulgones	Es de las plagas más frecuentes, estos pequeños insectos (de 1 a 3 mm de longitud) pueden presentar diversos colores. La mayoría son polívoros, es decir, no tienen preferencia por una especie vegetal concreta.	Los insectos pueden ser verdes o negros.
		La planta disminuye de tamaño.
		Se Enrosca las hojas.
		Los capullos no se abren.
		Excreta un líquido azucarado y brillante sobre hojas y tallos.
		Las hojas se deforman.
Trips	Los trips son un insecto plaga que afecta a diversos cultivos. El trips de las flores (<i>Frankliniella occidentalis</i>).	Los capullos se hacen más pequeños, en lugar de desarrollarse.
		En los pétalos se aprecian manchas grises.
		Las hojas se decoloran quedando de un color claro o pardo.
		Las hojas se manchan de un color gris plateado junto con motitas negras.
		Deformación de patateos
		En los tallos aparece puntitos negros super pequeños.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación descriptiva para conocer las características y síntomas de plagas y enfermedades en plantas ornamentales, así como el tratamiento. Seguido de una entrevista al gerente para determinar las dificultades y una encuesta a los clientes para conocer las plantas y las necesidades de diagnosticar enfermedades y plagas a tiempo.

Para el desarrollo del SE, se utilizó la metodología ideal propuesta por Ferrer, et al. (2015), cuyas fases son: (i) Identificación de la Tarea, (ii) Desarrollo de los Prototipos, (iii) Ejecución de la Construcción del Sistema Integrado, (iv) Actuación para Conseguir el Mantenimiento Perfectivo, (v) Lograr una Adecuada Transferencia Tecnológica.

La población que se utilizó es la económicamente activa de la ciudad de Ibarra de las zonas rurales, los datos son emitidos por el Instituto Nacional de Estadística y Censos 2010 y que actualmente cuenta con 44.721 personas (Tabla 3).

Tabla 3. Población y Muestra.

Población	Cantidad	Técnica
Personas de zonas rurales	44.721	Encuesta
Dueña de La Agro-veterinaria	1	Entrevista

Al ser la población muy grande, se aplicó la fórmula 1, y la muestra quedó con un total de 308 personas económicamente activas del sector rural, a quienes se les aplicó la encuesta.

$$n = \frac{z^2 P Q N}{e^2 N(N-1) + z^2 P Q} = 380 \text{ muestra}$$

Fórmula 1. Ecuación para determinar la muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de la investigación descriptiva ayudó a conocer las características y síntomas de plagas y enfermedades en plantas ornamentales, además de conocer la forma en que actúa cada plaga dependiendo de la planta y el tratamiento que se debe aplicar. La entrevista al gerente y al experto permitió corroborar la información recabada, además de determinar las dificultades y la encuesta aplicada a las 380 personas permitió conocer las plantas que posee y las necesidades de diagnosticar enfermedades y plagas a tiempo.

A continuación, se da a conocer los procesos para el desarrollo del sistema experto.

Identificación de la tarea

En esta etapa se planificó e identificó los requerimientos del sistema, y organizó la información obtenida por dos métodos: (i) identificación de la sintomatología a través de características visibles y (ii) métodos gráficos con imágenes.

Las características visibles, se identificaron juntamente con la experta en agronomía y permitió clasificar la información según las tablas 1 y 2, e identificar las variables generales que afectan a todas las plantaciones y correlacionarse con datos empíricos de aparición de la enfermedad. Los métodos gráficos ayudaron a aclarar gráficamente las características de cada plaga y enfermedad; toda esta información llevó a la creación de la base de conocimiento del SE.

Desarrollo de prototipo

Para el desarrollo del sistema experto se integró PhpMyAdmin, gestor de bases de datos MySQL, con la que se creó la base de conocimientos y la base de reglas y se utilizó Prolog para crear la base de datos deductiva.

Se utilizó el Modus Ponens (Sanfilippo, et al., 2017), para realizar un primer acercamiento con el motor de inferencia a fin de obtener conclusiones simples; luego se depuró para optimizar su construcción utilizando la herramienta Prolog (Wielemaker, et al., 2012) que es un lenguaje de programación lógico y está orientado a la especificación de relaciones para responder a consultas.

Las consultas y la interacción del motor de inferencia lo hacen utilizando el contenido de la base de conocimiento en una secuencia determinada, utilizando el encadenamiento hacia delante, en el que las reglas se examinan una tras otra en cierto orden. El orden dependerá de la secuencia en que las reglas se introdujeron en el conjunto de reglas, para este estudio se prioriza las enfermedades específicas de cada planta, seguida de las características de enfermedades generales y cada una acompañada de imágenes.

La estructura del SE, se presenta en la figura 1, en esta se observa el usuario, quien interactúa con la interfaz final; el motor de inferencia que procesa la información obtenida de la base de conocimiento, conformada por la base de reglas y la base de hechos.

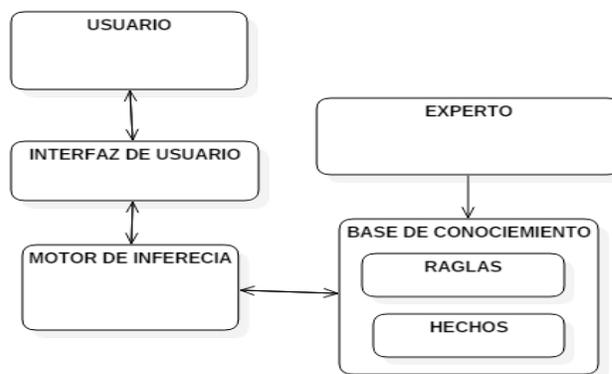


Figura 1. Diagrama de flujos.

En la figura 2, se presenta el diagrama de contexto del sistema completo con las entidades que intervienen en los procesos que realiza la aplicación web, cada entidad realiza peticiones que se encuentran representadas por flechas, las cuales son recibidas y procesadas por la aplicación.

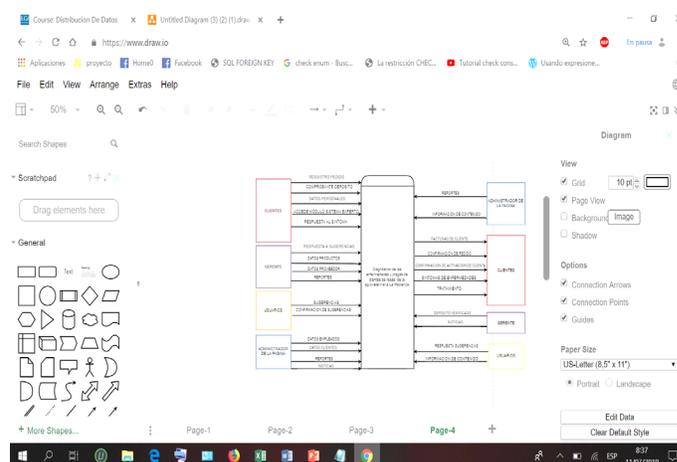


Figura 2. Diagrama de contexto.

Ejecución de la construcción del sistema:

Para el desarrollo de la aplicación web se utilizó el IDE Atom el cual es un editor de código de fuente abierta y con soporte para plug-ins, incrustando Git Control, además se utilizó el lenguaje PHP y HTML, para el desarrollo del motor de inferencia, como servidor de pruebas local se usó Apache, en la construcción se tuvo en cuenta el frontend para la comunicación con el usuario.

Mantenimiento

En esta etapa se realizaron pruebas, donde se verifica el funcionamiento de la aplicación detectando errores y regresando a una fase anterior, lo cual permitió en más

de una ocasión depurar la base de conocimientos e incrementar y organizar la base de reglas comprobándose luego el funcionamiento del SE.

La fase de pruebas se aplicó a los usuarios que llegaron en un día determinado día a la empresa “La Hacienda”, para solicitar asesoramiento y comprar productos; se les preguntó si estaban de acuerdo en hacer uso del SE para el diagnóstico de plagas y enfermedades en plantas ornamentales.

En la tabla 4, se presentan las respuestas a las preguntas del SE y el usuario con **sí** o **no**, y dependiendo de la respuesta se presentará la siguiente pregunta; cada pregunta estuvo acompañada de una imagen que permite al usuario comparar la imagen con la realidad responder más acertadamente a la pregunta.

El SE contabiliza y evalúa el número de respuestas de **SI** y **No**, se muestra un ejemplo en la Tabla 3.

Tabla 4. Recorrido en el SE.

Pregunta	Respuesta
¿Hay manchas en la cara superior de las hojas?	Si
¿Hay manchas color casi negro sobre las hojas?	Si
¿Tiene manchas con bordes difusos?	Si
¿Las manchas están sobre la nervadura principal?	Si
¿La planta tiene debilitamiento?	No
¿Manchas negras a reverso de la hoja?	Si

El desarrollo de los sistemas expertos (SE), está fundamentado en la base del conocimiento que permite registrar información relevante de un conocimiento específico, tabla 1 y 2; este conocimiento permite a su vez ser consultado por otros expertos y no expertos, tabla 3; los expertos confirmaron sus conocimientos y los no expertos aprenderán de él.

Entonces la forma en que los usuarios adquieren información podría cambiar drásticamente en la presencia de un SE, en este contexto un SE, o sistema inteligente apoya significativamente el manejo de grandes cantidades de información histórica que propician nuevo conocimiento, permitiendo la toma de decisiones en el momento y sin pérdida de tiempo.

La captura del conocimiento basado en reglas (Badaró, et al., 2013), no es la única forma de construcción del sistema de conocimiento, como menciona (Proaño Escalante, et al., 2017) se pueden también hacer uso de algunas otras fuentes de conocimiento.

El acompañar el conocimiento con una imagen referente al mismo, permite al usuario contestar con mayor facilidad a las preguntas del SE, lo cual al final convergen en un diagnóstico más preciso.

El SE experto diagnostica 17 enfermedades generales, 4 enfermedades específicas y 11 plagas rosa, clavel, orquídea y tulipán, a diferencia del modelo de pronósticos que se aplica a 45 cultivos, y detecta 179 plagas y de otros citados.

CONCLUSIONES

El conocimiento de un sistema experto (SE) puede preservarse en la base de conocimiento, esta se puede actualizar y seguirlo alimentando, además puede estar disponible para ser utilizada por expertos en el área o por humanos no expertos.

El uso de este tipo de herramientas no es todavía aprovechado en todo su potencial, hay algunos trabajos al respecto, pero ninguno específico en plantas ornamentales.

Los SE han demostrado ser de ayuda en el diagnóstico de plagas y enfermedades en plantas ornamentales, sin embargo, existen plagas que aún no han sido claramente identificadas y para las cuales el floricultor tiene soluciones limitadas, por lo que es necesario la opinión de un experto.

Como trabajos futuros se plantea el estudio de estos SE enfocados en plagas y enfermedades de nuestra zona y apegados a nuestra realidad, que permitan medir la eficiencia y eficacia de estos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anjara, F., & Jaharadak, A. A. (2019). Expert system for diseases diagnosis in living things: a narrative review. In *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing.
- Anwar, A. (2014). A review of rup (rational unified process). *International Journal of Software Engineering (IJSE)*, 5(2), 12-19.
- Badaró, S., Ibañez, L. J., & Agüero, M. J. (2013). Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones. *Ciencia y Tecnología*, 13, 349-364.
- Bula, H., Aramendiz, H., Salas, D., Vergara, W., & Villadiego, A. (2013). Sistema Experto Berenjena. *Ingeniería e innovación*, 1(1). 1-14.

- Ferrer, Y. R., Jiménez Roché, K., Argüelles Castillo, D., & Montes de Oca Risco, A. (2015). Sistema experto para la elección del tipo de recuperación en canteras de materiales de construcción " Expert system to select the rehabilitation method in building materials quarries". *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 9(3), 33-48.
- García Batista, R. M., Quevedo Guerrero, J. N., & Socorro Castro, A. R. (2019). Valoración del estado agronómico de las plantaciones de cacao nacional en el Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2(2), 109-119.
- García Mateos, R., & Pérez Leal, R. (2003). Fitoalexinas: mecanismo de defensa de las plantas. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 9(1), 5-10.
- Knapp, G. (2017). Mountain agriculture for global markets: the case of greenhouse floriculture in Ecuador. *Annals of the American Association of Geographers*, 107(2), 511-519.
- Murillo Soto, L. D., & Guerrero Castro, O. (2011). Desarrollo de sistemas expertos en tiempo real para la detección y diagnóstico de faltas en motores trifásicos de inducción. *Tecnología en Marcha*, 24(3), 46 - 54.
- Ochoa Toledo, L., & Kemper Valverde, N. (2009). Diseño y desarrollo de un sistema inteligente para el diagnóstico y monitoreo de plagas y enfermedades en frutas y hortalizas. 8va Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática. <http://www.iiis.org/CDs2008/CD2009CSC/CISCI2009/PapersPdf/C657KC.pdf>
- Proaño Escalante, R. A., Saguay Chafla, C. N., Jácome Canchig, S. B., & Sandoval Zambrano, F. (2017). Sistemas basados en conocimiento como herramienta de ayuda en la auditoría de sistemas de información. *Enfoque UTE*, 8, 148-159.
- Quintero-Domínguez, L. A., Ríos Rodríguez, L. R., Quintana Sánchez, D., & León Ávila, B. Y. (2019). Sistema Experto para el diagnóstico presuntivo de enfermedades. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 13(1), 61-75.
- Raynolds, L. T. (2020). Gender equity, labor rights, and women's empowerment: lessons from Fairtrade certification in Ecuador flower plantations. *Agriculture and Human Values*, 1-19.
- Romero García, M., & Rodríguez Rodríguez, J. E. (2004). Sistemas basados en conocimiento. *Revista vínculos*, 1(1), 12.
- Rossini, P. (2000, January). Using expert systems and artificial intelligence for real estate forecasting. (Ponencia). *Sixth Annual Pacific-Rim Real Estate Society Conference*. Sydney, Australia.
- Sanfilippo, G., Pfeifer, N., & Gilio, A. (2017). Generalized probabilistic modus ponens. En, European Conference on Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning and Uncertainty. (pp. 480-490). Springer.
- Tarus, J. K., Niu, Z., & Mustafa, G. (2018). Knowledge-based recommendation: a review of ontology-based recommender systems for e-learning. *Artificial Intelligence Review*, 50, 21-48.
- Wagner, W. P. (2017). Trends in expert system development: A longitudinal content analysis of over thirty years of expert system case studies. *Expert systems with applications*, 85-96.
- Wielemaker, J., Schrijvers, T., Triska, M., & Lager, T. (2012). Swi-prolog. Theory and Practice of Logic Programming, 12(1-2), 67-96.