

Diseño e implementación de un sistema experto orientado al diagnóstico de enfermedades del plátano dominico hartón

Design of a prototype for an expert system oriented diagnosis of diseases of the Dominican hartón banana

Alejandro Rodas Vásquez, Carlos Augusto Meneses Escobar, Nicolas Andrey Orozco Giraldo, Diego

Alejandro Hurtado Aroca

Ingeniería de sistemas y computación, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Risaralda

alejorodasvasquez@utp.edu.co

cmeneses@utp.edu.co

nicolas.orozco@utp.edu.co

alejohura@utp.edu.co

Resumen— En el presente artículo se muestra el diseño e implementación de un sistema experto basado en reglas de producción, el cual está orientado al diagnóstico de enfermedades del plátano dominico hartón. Las enfermedades objeto de estudio fueron: Moko o madurabiche, Pudrición acuosa del pseudotallo o bacteriosis (*Dickeya chrysanthemi*) y Mal de Panamá

Así mismo, en el texto se exponen los diagramas UML de la arquitectura de la aplicación, como también el Modelo de Dominio y la Red Semántica que fueron los insumos para la creación de la Base de Conocimiento del sistema.

De igual manera, se introduce la librería PyDatalog la cual permite incorporar el paradigma lógico al lenguaje de programación Python creando de esta manera una aplicación multiparadigma.

Por último, se realizan las pruebas pertinentes en el sistema experto para probar su motor de inferencia.

Palabras clave— Sistemas expertos, reglas de producción, plátano dominico hartón, Python, PyDatalog.

Abstract— In the present article the design and implementation of a system based on production rules is shown, which is oriented to the diagnosis of diseases of the plantain dominicana hartón. The diseases under study were: Moko or madurabiche, Pseudotallo aqueous puddle or bacteriosis (*Dickeya chrysanthemi*) and Mal de Panamá

Likewise, in the text the UML diagrams of the architecture of the application are exposed, as well as the Domain Model and the Semantic Network that were the inputs for the creation of the Knowledge Base of the system.

In the same way, the PyDatalog library is introduced, which allows incorporating the logical paradigm into the Python programming language, thus creating a multiparadigm application.

Finally, make the relevant tests in the system to test your inference engine.

Key Word — Expert systems, production rules, banana dominico banana, Python, PyDatalog..

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de las directivas que existen en el Plan Nacional de Desarrollo se encuentra la [1] incorporación de las tecnologías en el campo, no solo para aumentar la producción sino para mejorar la calidad de los productos para de esta forma entrar a competir en los mercados internacionales y así mismo mejorar la calidad de vida del campesino colombiano.

Este artículo se muestra la construcción de un sistema experto para el plátano dominico hartón, el cual tiene como objetivo ofrecerle al cultivador una herramienta que le ayude en la prevención y detección de las enfermedades que afectan el producto a partir de los síntomas que presente la planta.

Este sistema experto fue diseñado enfocandose principalmente en tres enfermedades: Moko o madurabiche, Pudrición acuosa del pseudotallo o bacteriosis (*Dickeya chrysanthemi*) y Mal de Panamá. Donde la representación de los síntomas que caracterizan a cada una de ellas se realizó mediante la definición de una serie de reglas de producción (empleando la librería PyDatalog)

II. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

El departamento de Risaralda es conocido por ser un productor importante de café. Sin embargo, el cultivo de plátano dominico hartón ocupa el segundo renglón dentro de su economía [2]. Por lo tanto, este producto se ha constituido en un renglón de gran importancia socioeconómico, desde el punto de vista de seguridad alimentaria y generación de empleo; también ha pertenecido a la economía campesina donde ha sido utilizado, fundamentalmente en la dieta alimenticia y como un cultivo capitalizador de dicha economía [3].

Por lo tanto, dada su importancia es necesario implementar lo que se denomina como Buenas Prácticas Agrícolas, donde estas se definen como [4] un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas, aplicables a las diversas etapas de producción de productos frescos, con el fin de brindar un producto inocuo para el consumo directo o su proceso agroindustrial. Su aplicación tiene como objetivo ofrecer al mercado productos de elevada calidad e inocuidad.

De esta forma, uno de los componentes que enmarca la calidad del producto es el tratamiento de las plagas y enfermedades que afectan al cultivo puesto que no solo tienen un papel en detrimento del producto, sino que pueden generar la pérdida total de la cosecha.

Aunque dentro de la estructura de apoyo que ofrece los entes gubernamentales como el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) a través del asesoramiento por parte de agrónomos (especialistas) el agricultor no siempre puede contar con este tipo de personal cuando lo necesita especialmente por la ubicación geográfica en que se encuentra el cultivo.

De esta forma, los sistemas expertos se presentan como una alternativa para aliviar este problema, donde [5] estos han sido identificados como una herramienta poderosa con un amplio potencial en agricultura.

III. SISTEMAS EXPERTOS EN LA AGRICULTURA

Un Sistema Experto es un programa de computadora diseñado para modelar la habilidad de resolver problemas por parte de un experto humano [6] en un campo específico (como pueden ser la medicina, finanzas, arqueología, agricultura, química, entre otros) donde se emplean métodos de razonamiento que emulan el [7] desempeño de dicho experto en la solución de problemas.

Es importante, aclarar que cuando se hace referencia al termino “conocimiento” son todos aquellos conceptos, palabras y relaciones entre estos que abarcan el área o contexto sobre el cuál el sistema se desempeña.

Generalmente, un Sistema Experto esta conformado por tres componentes principales: la Base de Conocimiento, Motor de Inferencia y la Interfaz de Usuario. La [8] Base de Conocimiento es el componente que contiene todo el conocimiento obtenido por parte del experto del dominio (...) el motor de inferencia es el componente que manipula el conocimiento encontrado en la base de conocimiento según sea necesario para llegar a un resultado o solución.

De esta manera, un Sistema Experto se presenta como una herramienta tecnológica que puede ser usada para obtener recomendaciones, directivas y estrategias que son aplicadas a un contexto o área específica, que para el caso expuesto en el presente documento se focaliza en el *diagnóstico de enfermedades del plátano dominico hartón*.

A continuación, muestran algunos sistemas expertos que han sido desarrollados para el campo de la agricultura:

POMME [5] es un sistema experto para la gestión de huertos de manzanos. POMME aconseja a los productores sobre cuándo y qué deben regar sobre sus manzanas para evitar infestaciones. El sistema también brinda asesoramiento con respecto al tratamiento de lesiones invernales, control de la sequía y múltiples problemas de insectos.

Así mismo, en [9] se presenta el diseño y desarrollo de un sistema experto orientado al Diagnóstico de enfermedades de plantas, donde se presentan dos métodos diferentes para realizar este diagnóstico. El primero depende de la descripción (paso por paso) gradual de los síntomas observados en la planta basándose en las opciones que suministra el sistema experto, de esta forma, la aplicación puede ir creando un perfil acerca de la sección (parte de la planta) infectada.

En el segundo enfoque se emplea imágenes de casos que ya han diagnosticados de modo que permite al usuario navegar a través de estos y comparar los síntomas del caso en particular.

Por otro lado, AMRAPALIKA [10] es un sistema experto para el diagnóstico de 14 plagas diferentes, incluidas ocho enfermedades y seis insectos que afectan la variedad de mango indio.

Dentro de estas plagas y enfermedades se pueden encontrar las siguientes: Moho polvoriento (*Powdery mildew*), mancha negra (*Black spot*), antracnosis (*Anthracnose*), roya roja (*Red rust*), mancha bacteriana (*Bacterial spot*), malformación e insectos como perforador, hormigas rojas y blancas, la chinche harinosa, ácaros y mosca de la fruta.

IV. DISEÑO DE UN MODELO DE DOMINIO PARA LA CREACIÓN DE REGLAS DE PRODUCCIÓN PARA EL SISTEMA EXPERTO

Como todo producto software un sistemas experto consta de una serie de fases para su construcción. Para desarrollar el sistema experto que es objeto del presente artículo se seguirán las seis etapas propuestas por [11] las cuales son: *identificación*, *conceptualización*, *formalización*, *implementación*, *prueba* y *pruebas en operación*.

Durante la etapa de *identificación* se realiza la planeación de los recursos que se necesitarán (dentro de los cuales pueden encontrar fuentes bibliográficas, entrevistas con los expertos y metodologías para el desarrollo del producto o adquisición del conocimiento) y se determina el resultado o impacto que se quiere obtener con la implementación del sistema.

De esta manera, dentro de la bibliografía consultada se ha seleccionado como fuente principal el manual llamado *Manejo Fitosanitario del Cultivo del Plátano* [12] el cual permitió obtener el marco teórico de las enfermedades que afectan al plátano dominico hartón.

Posteriormente, en la etapa de *conceptualización* se realiza un análisis del problema de dominio que es objeto a investigar, allí se identifican las definiciones (palabras y conceptos) y sus relaciones. Según [11], esta etapa se completa con la creación del Modelo de Dominio (software) que incluye dichos conceptos y relaciones. Del mismo modo, allí se menciona que en esta etapa se deben tomar consideraciones tales como: tipos de datos disponibles, tipos de relaciones entre objetos (software), tipos de relaciones utilizadas (jerarquía, causa - efecto, parte - todo), entre otros. Como se puede observar, las consideraciones listadas se pueden catalogar como características técnicas, es decir, de implementación.

No obstante, en el presente trabajo para la creación del Modelo de Dominio se tomó el enfoque expuesto por Eric Evans en [13], donde presenta al Desarrollo Dirigido por Modelo (Domain Driven Design) como una filosofía de desarrollo.

DDD [14] es un enfoque para el desarrollo de software que permite a los equipos administrar con eficacia la construcción y el mantenimiento de software para dominios de problemas complejos.

Acto seguido, durante la etapa de *formalización* se toma como insumo el *modelo de dominio* creado en la fase anterior y se selecciona la técnica de representación del conocimiento, donde para el caso del presente proyecto se emplean las *Reglas de Producción* para tal fin.

Modelo de Dominio y Representación de las Reglas de Producción para el sistema experto. Caso de estudio: Moko o madurabiche (Ralstonia solanacearum E. F.)

Es importante hacer incapie que el Modelo de Dominio (figura 1.) es el producto de la ejecución de las tres fases mencionadas y este condensa el conocimiento adquirido a través del material bibliográfico.

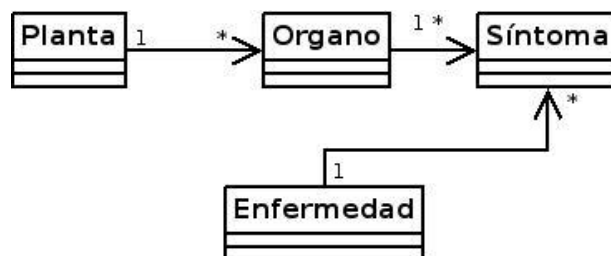


Figura 1. Modelo de dominio del sistema experto.

Igualmente, se crea una Red Semántica (figura 2) que ayudará en el proceso de creación de los predicados y reglas.

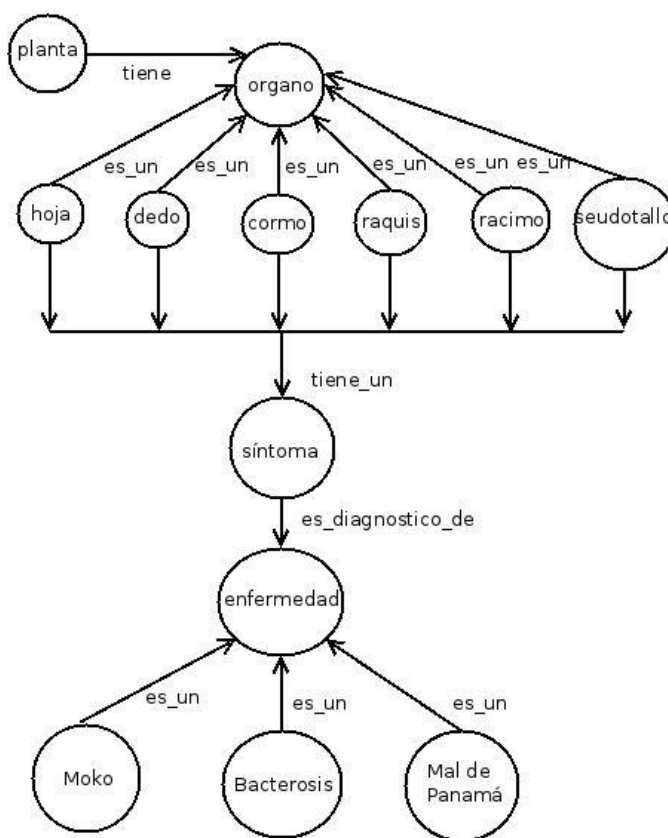


Figura 2. Red semántica de las enfermedades del plátano dominico hartón.

Una vez definido el Modelo de Dominio y la Red Semántica se puede iniciar la fase de *implementación*. Donde se comienza a definir las Reglas de Producción utilizando la

notación IF – THEN para representar dichas reglas (figura 3, 4 y 5).

IF

la hoja tiene un sintoma de estar seca AND
la hoja tiene un sintoma de estar quebradiza AND
la hoja tiene un sintoma de estar seca en los bordes AND
la hoja tiene un sintoma de tener franja color amarillo intenso AND
el cormo tiene un sintoma de tener línea color marrón OR
el cormo tiene un sintoma de tener línea color negro AND
el seudotallo tiene un sintoma de tener puntos cafés oscuro AND
la raquis tiene un sintoma de tener color rojizo AND
el racimo tiene un sintoma de estar deformes AND
el dedo tiene un sintoma de estar deformes

THEN

la enfermedad es moko

Figura 3 . Regla de producción para la enfermedad llamada Moko o madurabich.

IF

las hojas viejas tiene un sintoma de quemazon AND
las hojas tiene un sintoma de amarillamiento total AND
el seudotallo tiene un sintoma de tener manchas acuosas AND
el seudotallo tiene un sintoma de tener manchas translucidas de color amarillento AND
el seudotallo tiene un sintoma de tener manchas translucidas de color rojizo AND
el seudotallo tiene un sintoma de estar débil

THEN

la enfermedad es bacteriosis

Figura 4 . Regla de producción para la enfermedad llamada Pudrición acuosa del pseudotallo o bacteriosis (Dickeya chrysanthemi).

IF

la hoja tiene un sintoma de presentar amarillamiento AND
la hoja tiene un sintoma de estar marchita AND
la hoja tiene un sintoma de tener color cafe AND
el seudotallo tiene un sintoma de estar agriego

THEN

la enfermedad es mal de panamá

Figura 5 . Regla de producción para la enfermedad llamada Mal de Panamá.

Ahora, una vez construidas las Reglas de Producción es necesario seleccionar un lenguaje de programación que permita plasmar dicho conocimiento en código fuente. En este orden de ideas, al realizar la revisión tecnológica se encontraron los lenguajes de programación Prolog y CLIPS, los cuales han sido utilizados para la creación de sistemas expertos.

Sin embargo, Python se presenta como una opción, ya que es utilizado en el ambiente académico y especialmente en el campo de las Ciencias de la Computación. Del mismo modo, continuando con esta revisión, se ha encontrado la librería PyDatalog la cual permite agregar el paradigma de programación lógica a Python y de esta forma construir una aplicación multiparadigma.

A continuación, en la figura 7 se puede observar la definición de la regla de producción declarada en la figura 3 empleado la sintaxis que proporciona la librería PyDatalog y tomando como apoyo la Red Semántica (figura 2).

```
from pyDatalog import pyDatalog

# Organos de la planta
pyDatalog.create_terms('hoja, cormo, seudotallo, raquis, racimos, dedo')

# Predicados y reglas
pyDatalog.create_terms('tiene_sintoma, diagnostico, enfermedad, respuesta')

# Moko o madurabiche
enfermedad('moko') <= tiene_sintoma('hoja','seca') &
    tiene_sintoma('hoja','quebradiza') &
    tiene_sintoma('hoja','no_se_desprende') &
    tiene_sintoma('hoja','seca_en_bordes') &
    tiene_sintoma('hoja','franja_color_amarilla_intenso') &
    tiene_sintoma('cormo','linea_color_marron') &
    tiene_sintoma('cormo','linea_color_negro') &
    tiene_sintoma('seudotallo','puntos_cafes_oscuros') &
    tiene_sintoma('raquis','color_rojizo') &
    tiene_sintoma('racimos','deformes') &
    tiene_sintoma('dedo','deformes') &
```

Figura 7. Implementación de la regla de producción para la enfermedad Moko o madurabiche empleando PyDatalog.

De igual manera, en la figura 8 se muestra la arquitectura del sistema experto. Una de las variaciones que se presenta es la incorporación del componente denominado Controlador. Donde la función del mismo, es servir a través de la interfaz expuesta como puente con la Interfaz de Usuario y el resto del sistema experto, obteniendo de esta manera una arquitectura modular y con bajo acoplamiento.

Esto significa que la propia interfaz puede ser construida ya sea orientada a una aplicación de escritorio (empleando la librería nativa de Python llamada Tkinter) o web (a través de Django).

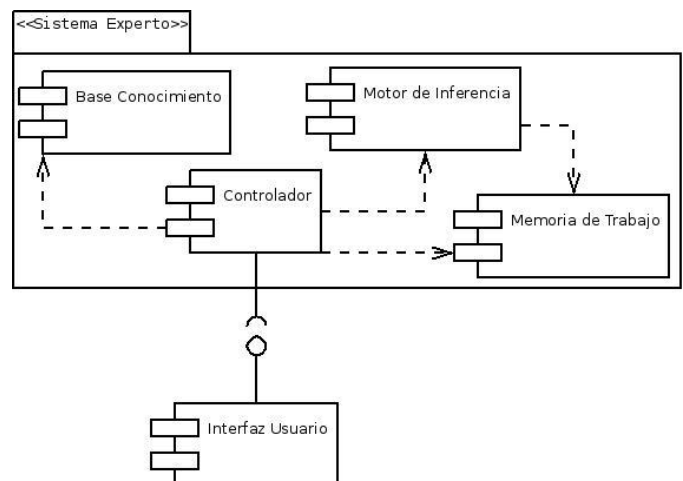


Figura 8 . Arquitectura del sistema experto.

V. CASO DE PRUEBA: CONSULTA AL SISTEMA EXPERTO

Siguiendo con la metodología propuesta por [11] en este apartado se muestran las pruebas realizadas al sistema experto. Para este caso se realizará la consulta al sistema de

modo que este pueda diagnosticar que la planta sufre de la enfermedad Moko y proporcione algunas indicaciones sobre el tratamiento a realizar.

En la figura 9 se observa el menú de inicio donde se pide seleccionar el órgano de la planta afectada.

```

Sistema Experto Para El Diagnostico de Enfermedades Platanó Dominicó Hartón
-----
Menu Principal
-----
Que órgano de la planta ha sido afectado?
1. Hoja
2. Cormo
3. Seudotallo
4. Obtener diagnóstico
5. Salir del programa

Digite su opción: █

```

Figura 9. Menú de inicio.

Posteriormente, se muestra un listado de los síntomas que del órgano afectado (figura 10). El usuario de la aplicación puede seleccionar varios síntomas hasta que desee retornar al menú principal, y obtener allí el diagnóstico requerido (figura 11.)

```

Sistema Experto Para El Diagnostico de Enfermedades Platanó Dominicó Hartón
-----
Menu Principal
-----
Que órgano de la planta ha sido afectado?
1. Hoja
2. Cormo
3. Seudotallo
4. Obtener diagnóstico
5. Salir del programa

Digite su opción: 1

Seleccione los síntomas que presenta la hoja
-----
1. Las hojas se secan y se quiebran, pero sin desprenderse de la planta
2. Se presenta un secamiento de los bordes de las hojas, seguido de una franja de color amarillo intenso
3. Se observa quemazón en el borde de las hojas más viejas que luego avanza a toda la lámina foliar, ocasionando un amarillamiento total de la hoja.
4. Amarillamiento de las hojas más adultas a lo largo del margen foliar que continúa hacia la nervadura central hasta quedar las hojas completamente marchitas y de color café.
5. Retornar al menú principal

```

Figura 10. Menú de síntomas según el órgano de la planta afectado.

```

Sistema Experto Para El Diagnostico de Enfermedades Platanó Dominicó Hartón
-----
Menu Principal
-----
Que órgano de la planta ha sido afectado?
1. Hoja
2. Cormo
3. Seudotallo
4. Obtener diagnóstico
5. Salir del programa

Digite su opción: 4

Diagnóstico de la Enfermedad
-----
Enfermedad: moko
Tratamiento:
1. Para el manejo de la enfermedad se requiere confirmar el diagnóstico por parte del ICA y desarrollar el proceso de erradicación de plantas afectadas y el control de focos de acuerdo con los protocolos de erradicación del ICA.
2. Una vez se ha identificado la presencia de moko, desde la planta enferma se toma un radio de 5 metros y se realiza un encierro con hilo, para un área de 78 m2, que tendrá una frecuencia de supervisión de una vez cada cuatro semanas (zona verde: nada de afectación, zona amarilla: área de seguridad entre el foco y la zona productiva de la finca, zona roja áreas afectadas) para distinguir los diferentes niveles de daño. Así se controlará esta enfermedad en todo el cultivo.

```

Figura 11. Diagnóstico de la enfermedad y tratamiento.

VI. TRABAJOS FUTUROS

Dentro de los trabajos futuros que se presentan esta la incorporación del presente Sistema Experto como un Componente dentro de una Arquitectura Orientada a la Web, preferiblemente construida en Django, principalmente por motivos de compatibilidad.

Igualmente, la ampliación de la Base del Conocimiento se presenta como una tarea prioritaria así como también el refinamiento de la misma.

VII. CONCLUSIONES

Dentro del proceso de desarrollo de un Sistema Experto la construcción de un Modelo de Dominio permite recopilar e interconectar las palabras, conceptos y términos que son propios del contexto sobre el cual se crea el sistema. De esta forma, al crear la Base del Conocimiento se tendrá la integridad requerida. Del mismo modo, construir una Red Semántica permite identificar las palabras o términos que se le asignarán a los arcos que conectan a los nodos de la red y así generar predicados con nombres significativos que se verán reflejados en un código fuente legible (figura 7).

Para finalizar, al seleccionar a Python como lenguaje de programación se tiene una herramienta que permite crear una aplicación multiparadigma. Esto significa que dentro de la arquitectura planteada en la figura 8, se pueden crear Componentes (Módulos) orientados al paradigma de programación lógica, tal como lo es la Base de Conocimiento y el Motor de Inferencia y así mismo otro módulo orientado al paradigma procedimental, tal como el componente Controlador, el cual es el encargado de ofrecer los métodos que comunican con la Interfaz de Usuario.

REFERENCIAS

- [1] 27 01 2016. [En línea]. Available: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/PND%202014-2018%20Tomo%201%20internet.pdf>.
- [2] 2016. [En línea]. Available: <http://www.agronet.gov.co/Documents/Pl%C3%A1tano.pdf#search=pl%C3%A1tano>.
- [3] L. L. Agaton, L. F. M. Guitierrez y L. M. M. Ramirez, «Caracterización Socioeconómica Y Tecnológica De La Producción Del Plátano En El Bajo Occidente Del Departamento De Caldas,» *Luna Azul*, vol. 41, pp. 184-200, 2015.
- [4] J. M. M. Mena, Buenas prácticas agrícolas cultivo de plátano de exportación en el en la región de urabá, Medellín: COMUNICACIONES AUGURA, 2009.
- [5] G. P. y D. A. V. Babu, «A Study on Various Expert Systems in Agriculture,» *Georgian Electronic Scientific Journal: Computer Science and Telecommunications*, n° 4, 2006.
- [6] J. D. Expert Systems: Design and Development, Prentice Hall, 1994.
- [7] A. P. Ayala, Sistemas basados en Conocimiento: Una Base para su Concepción y Desarrollo, México: Instituto Politécnico Nacional, 2006.

Pereira.

[8 P. M. N. Rani, T. R. y R. S. , «Expert Systems in
] Agriculture: A Review,» *Journal of Computer Science and Applications*, vol. 3, 2011.

[9 . S. S. Abu- Naser, K. A. Kashkash y M. F. , «Developing
] an Expert System for Plant Disease Diagnosis,» *Journal of Artificial Intelligence*, 2008.

[1 R. Prasad, K. Ranjan y A. Sinha, «AMRAPALIKA: An
0] expert system for the diagnosis of pests, diseases, and disorders in Indian mango,» *KNOWLEDGE-BASED SYSTEMS*, vol. 19, 2006.

[1 K. Mansiya, Z. Alma, M. Torgyn, M. Marzhan y N. Kanat,
1] «The Methodology of Expert Systems,» *International Journal of Computer Science and Network Security*, vol. 14, n° 2, 2014.

[1 M. F. d. C. d. Plátano, «Food and Agriculture Organization
2] of the United Nations,» 2012. [En línea]. Available: http://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/Docs_Resources_2015/TR4/cartilla-platano-ICA-final-BAJA.pdf.

[1 E. E. Domain Driven Design, A. Wesley, Ed., 2004.
3]

[1 S. M. y N. T. , Patterns, Principles, And Practices Of
4] Domain-Driven Design, John Wiley & Sons, 2015.