

## Diseño e implementación de un sistema experto para optimizar el control de plagas y enfermedades en el cultivo de la uva

### Design and implementation of an expert system to optimize pest and disease control in grape cultivation

---

Jorge Emilio Ricardo Yaya Lévano  
jeryl221@hotmail.com – Universidad María Auxiliadora, Lima  
Eladio Damián Angulo Altamirano  
damian,angulo5@gmail.com – Universidad María Auxiliadora, Lima

---

Recibido el 11/09/20 | Aceptado el 25/10/20  
DOI: <https://doi.org/10.47190/nric.v3i1.130>

#### Resumen

El Estudio se realizó con la finalidad de diseñar e implementar un sistema de diagnóstico y control de plagas y enfermedades en el cultivo de uva. La metodología empleada estuvo enmarcada bajo el tipo de investigación aplicada y tecnológica con un diseño experimental. La muestra estuvo constituida por 50 trabajadores de viñedos del Valle de Cañete. El estudio experimental se empleó el lenguaje prolog para la base de datos, wsprolog para el motor de inferencia y java para la interfaz de usuario. Entre los datos obtenidos tenemos que alcanzó el 80 % de validación, el 78 % de los usuarios manifiestan que es útil el software, el 84 % manifiesta que es fácil el uso, el 84 % manifiesta que la información es útil, el 86 % considera que puede adaptarse a cualquier dispositivo, el 92 % considera que es fácil el manejo y el 68 % se encuentra satisfecho con el sistema.

**Palabras claves:** *Sistema experto de cultivo de uva, Sistema inteligente de cultivo de uva, Software de diagnóstico de plagas y enfermedades, diagnostico de plagas y enfermedades en el cultivo de la uva.*

#### Abstract

The Study was carried out with the aim of designing and implementing a system for diagnosing and controlling pests and diseases in grape cultivation. The methodology used was framed under the type of applied and technological research with an experimental design. The sample consisted of 50 workers from vineyards in the Cañete Valley. The experimental study used the prolog language for the database, wsprolog for the inference engine and java for the user interface. Among the data obtained we have reached 80 of validation, 78% of users declare that the software is useful, 84% state that it is easy to use, 84% state that the information is useful, 86% consider that It can be adapted to any device, 92% consider it easy to use and 68% is found satisfied with the system.

**Keywords:** *Expert grape cultivation system, intelligent grape cultivation system, Pest and disease diagnosis software, pest and disease diagnosis in grape cultivation.*

## Introducción

Hoy en día hablar de los sistemas expertos es hablar del campo de la Inteligencia artificial (Fortuna 1989). Según López en un mundo globalizado, cada vez se crean computadoras más sofisticadas, pero he aquí donde se plantea la interrogante ¿podrían pensar y razonar o ser inteligentes como el ser humano?, en ese sentido, se hace necesario comprender la naturaleza de este tipo de inteligencia.

Una de las características del ser humano es la capacidad y el nivel de inteligencia alcanzado a través del proceso de aprendizaje por diferentes métodos, característica que la inteligencia artificial también intenta aprender por diferentes métodos, considerando la retroalimentación o red bak de la información de los aciertos y fracasos.

El inicio de la inteligencia artificial data de la antigüedad cuando Aristóteles creó razonamiento a través de silogismo Becerra (2012), ya en el siglo XX en el año 1943 Warren McCulloch y Walter Pitts proponen un modelo de neurona humana y animal abstracta, a manera de representación simbólica de la actividad cerebral. (Wilkimedia 2020).

Un sistema experto es una rama de la inteligencia artificial, que imitan el razonamiento del ser humano, experto, en la resolución de problemas específicos, en condiciones y características predeterminadas (Badaró, Ibaléz y Agüero 23).

Los sistemas expertos son aplicaciones informáticas capaces de resolver problemas que requieren de un gran conocimiento para solucionarlos (Abad y Abad 2011), o programas que poseen abundante información de expertos sobre un área específica (Barrantes y Vigo 2012), basados en el hecho declarativo de un objeto, es decir situaciones, conocimiento de control de seguimiento de una acción (Bla Aramendiz, Viguera y Villadiego 2012). Miguel (2012), considera que son herramientas efectivas que al interactuar con el usuario desarrollan la capacidad de explicar su razonamiento en base a su conocimiento y la adquisición de nuevos conocimientos a integrar del sistema (CDAvila 2013), siendo capaces de razonar y modificar lo propuesto, mejorando las condiciones en la resolución de problemas (Pérez y Roas 2019).

Para Muñoz y Muñoz (2007) a diferencia de los sistemas convencionales los sistemas expertos son más fáciles de modificar la base de conocimiento, así como son tolerantes para realizar operaciones con información desconocida, y manejar datos cualitativos, además su uso permite el ahorro económico en la contratación de expertos, ahorrar tiempo en la solución de problemas, presentan fundamentos consistentes a diferencia del experto humano, así mismo presentan dificultades como la estrechez en la aplicación y fallas catastróficas al dejar la aplicación, limitaciones en su alcance (Quinteros, Ríos, Quintana 2019).

Azcodia en su estudio, considera que los sistemas expertos fueron parte del desarrollo de la inteligencia artificial en la década del 50, siendo los primeros

estudios realizados por Allen Newel y Herbert Simon, quienes desarrollaron el programa denominado GPS (General Problem Solver), alcanzando a trabajar con niveles de criptomía, con la torres de Hanoi y problemas similares, pero con limitaciones al no resolver problemas en tiempo real. (Merino 1991)

Por otro lado, Santaella en su estudio sobre los Sistemas Expertos, sostiene que fue Edwar Fengelbaun quien desarrolló el primer sistema para propósitos reales denominado Dendral, Dicho sistema era capaz de identificar estructuras químicas mediante el estudio espectro gráfico molecular, luego vino el sistema llamado Mycin, orientado para la determinación de enfermedades infecciosas, sin embargo no tuvo la capacidad de razonar y explicar los procesos, dando lugar a la creación posterior de otros sistemas expertos.

Hablar de sistemas expertos es hablar de programas en que se aplican los conceptos inteligencia artificial León (2007), basada en la captura de la información realizada por un computador, de tal forma que la información determinada de un expertos humano es aprovechada por un no experto, teniendo en cuenta ciertas normas – silogismos - y el análisis de probabilidades (Slao 2009), tales como los auto monitorización, diagnóstico y análisis de calidad, pero se debe tener en cuenta ciertas limitaciones ya que no pueden ser utilizados en otras áreas, ‘pero si se modifican las condiciones de manipulación y deducción, se pueden tener nuevas probabilidades a ser utilizadas ‘posteriormente.

El texto de un sistema experto se consigue cuando la respuesta que proporciona un sistema manejada por el hombre, no es reconocida si fue de un experto o de la máquina. Salao (2015).

El programa pionero en aplicar los sistemas expertos es el DENDRAL, posteriormente se realizaron los de diagnóstico médico, de configuración de computadoras, y el de valorar yacimientos mineros /(1982) (Esparza 2004)..

Los sistemas expertos deben tener velocidad en la solución de problemas, eficiencia en los resultados y dominio restringido sobre el tema.

El Congreso Internacional de Inteligencia Artificial (2016), considera que un sistema experto es un programa inteligente que emplea conocimientos y procedimientos de inferencia, en la solución de problemas difíciles en los que se requiere la intervención del ser humano como experto, actualmente de acuerdo a los avances en el desarrollo de los sistemas expertos podemos considerar que es la simulación del proceso de aprendizaje, memorización, razonamiento, comunicación y acción de un experto humano en una de la ciencia o campo, suministrando un conocimiento sustituto que puede conducir al éxito, tal como lo puede realizar un experto humano.

El conocimiento y las habilidades sobre determinada áreas de un experto humano, debe ser copiada por el sistema experto en la solución de problemas (Urteaga

2015), así como tener comunicación con un lenguaje natural con las personas, no siendo determinante esta acción, los diferencia de los programas convencionales llamados conocimientos fácticos o exactos muy utilizados por algunas computadoras, a diferencia de los sistemas expertos que emplean el conocimiento heurístico, dando solución a problemas con datos imprevistos o inciertos (Badagí, Ibañez y Agüero 2013).

Las acciones de los sistemas expertos tienen complejidad fundamentada en la especialización del conocimiento, y la inferencia, con el mecanismo de razonamiento (Badaro, Ibañez y Agüero 2013). Por otro lado, para Sanz y Sanz, en los problemas independientes ya no existe consecuencias con razonamiento, así el orden en que se introduce los elementos en el sistema no intervienen en el razonamiento, obteniendo los resultados. Por otro lado, la inferencia deductiva ocasiona nueva información a la base de datos, considerando la recuperación de la información de la base, si se toma en cuenta que la base de conocimiento tiene un volumen muy alto, entonces puede razonar con datos incompletos e inciertos. Teniendo en cuenta lo anterior y que el sistema se realiza con elementos independientes entre ellos, es una alta capacidad deductiva y de razonamiento en un lenguaje similar al experto, lo que hace que el sistema sea de gran volumen, datos fundamentales que permite validar y enriquecer los resultados por el experto, donde el conocimiento y razonamiento sea similar a lenguaje que utiliza el experto. Cuando la manipulación de la información es de naturaleza simbólica, no quiere decir que se excluya información, así mismo, los resultados obtenidos de alguna experiencia y que son almacenados en la base de datos pueden ser tratados por expertos y no expertos, permitiendo que pueda ser modificada o ampliada y de la misma forma el reajuste respectivo del sistema con nuevos conocimientos, haciendo en el sistema un permanente cambio, obteniendo nuevas ideas y conceptos en un tema definido.

León (2007) se fundamenta en la gran cantidad de conocimiento que hacen su función deductivo y eficaz, pero no empuja al experto humano, si no sirve de ayuda en la solución de problemas, como evitar fallas en acciones complejas, ampliar conocimientos sin fallas, realizar acciones de planificación complejas, se puede decir que ayudan a resolver problemas a personas inexpertas. Se obtienen respuestas y se resuelve problemas con rapidez, de acuerdo al conocimiento adquirido, además proporciona soluciones a diferentes casos complejos humana o material, además proporciona respuestas fiables (Molina 2006).

Se presentan casos en que el usuario interactúe con el sistema experto en la solución a determinados tipos de problemas y el sistema solicite más información para otorgar la solución.

Los tres elementos básicos en la organización de los sistemas expertos, en primer lugar la base del conocimiento, que viene a ser la estructura que contiene la información de un tema específico proporcionada por el experto, teniendo en cuenta los

casos particulares, las excepciones y las estrategias de solución.

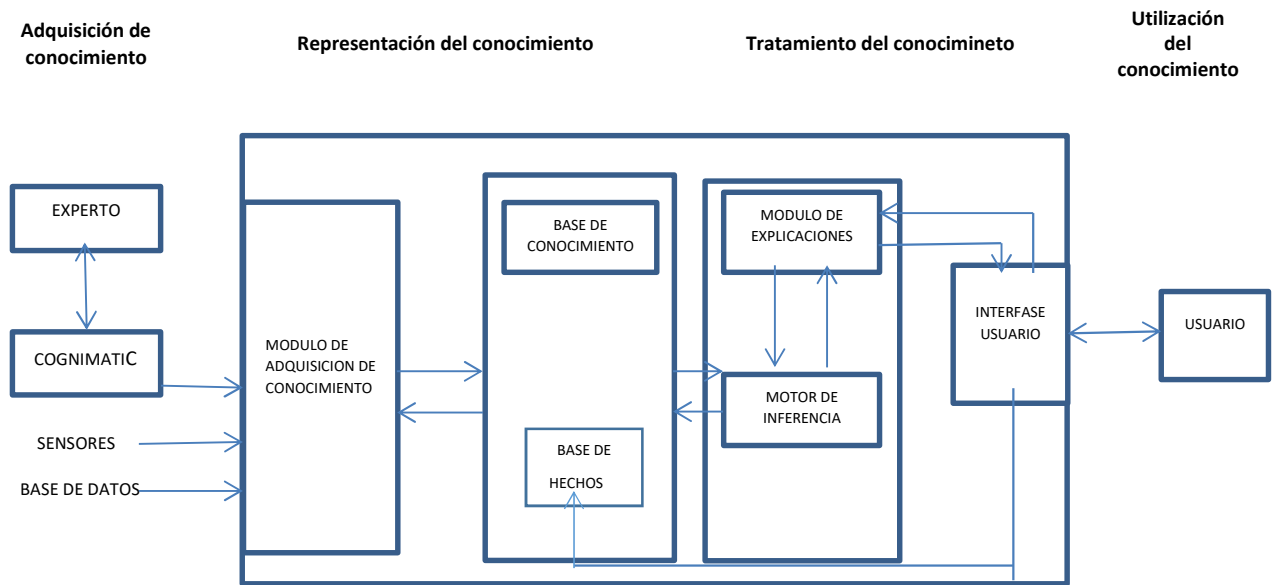
En segundo lugar la base de hechos, que contiene la memoria auxiliar con la información necesaria como el enunciado del problema y la solución como una memoria temporal con la información en condiciones estudiadas (Gunge).

Por último el motor de inferencia posee los necesarios para el razonamiento, como base del sistema, realizando la inferencia para proporcionar resultados que pueden ser o no exactos de acuerdo a las especificaciones y requisitos (Alonso), es decir el programa procedimental del sistema, siendo el núcleo que acciona los conocimientos de la base de datos para el razonamiento, ejecutando las inferencias en la solución de problemas (Escobar 2008), según sea el caso detecta nuevos conocimientos importantes en el proceso de solución, además existen algunos sistemas que responden con fiabilidad, de acuerdo al programa y grados de incertidumbre que se utiliza (Alonso 2006).

El sistema de consulta o interface existente entre el usuario y el sistema del computador, permite leer la información con el lenguaje solicitado, permitiendo la comunicación al motor de inteligencia (Cervello, Martínez, Virgili), realizada a la base de conocimiento

Una vez alimentado el sistema con la información, obtiene funciones de interface que provienen de sensores (Santaella y Vallejo), Salao (2009) bases de datos o software., recibiendo el conocimiento para luego ser verificado y transformar el conocimiento, es necesario tener en cuenta que estos módulos no conocen el valor del razonamiento, pero hay que tener en cuenta que todos los módulos no tienen el mismo sistema de funcionamiento (Sánchez y De las Heras), su funcionamiento es:

## Arquitectura Completa de un Sistema Experto



Los sistemas basados en reglas y probabilidades son los más usados, los primeros se definen por el conocimiento de objetos, considerando las variables en estudio que se encuentren relacionadas, los otros son más abstractos, la base del conocimiento se fundamenta motor probabilístico y el motor de inferencia, que planteando nuevas hipótesis en la solución de problemas, como el de enfermedades.

Gómez, Cervantes y Gonzales consideran que el diseño consiste en la configuración de los objetos haciendo uso de las limitaciones y restricciones, utilizan un conjunto de limitaciones conformando un diseño parcial, realizando la simulación de pruebas, para ello es necesario planear un conjunto de acciones a realizar, para luego realizar el monitoreo comparando el comportamiento del sistema con el estándar, es decir con lo esperado, para con las correcciones del caso, seguido de la reparación, considerando la revisión y planeación para obtener la instrucción donde realizan el diagnóstico, revisión y reparación del sistema para luego realizar el control del sistema, teniendo en cuenta la interpretación de alguna situación, realizar las predicciones y diagnosticar los problemas y planear la solución en su ejecución.

Para López, los sistemas expertos son utilizados cuando no existan algoritmos y teorías completas, además es aplicado con teorías, presentando dificultades por la complejidad y cantidad de información al solucionar los problemas, por lo que requiere de algoritmos, considerando la necesidad del experto para resolver el problema. La solución no se encuentra fijada, la vía de solución prestada por el experto, existiendo la posibilidad de un razonamiento realizado por un sistema experto. De acuerdo a estas condiciones se pueden emplear sistemas expertos de diversos tipos, siempre teniendo en cuenta el diagnóstico, el pronóstico, planificación, reparación e instrucción como los sistemas de diagnóstico, que son muy utilizados en el diagnóstico médico y averías, las aplicaciones más utilizadas son Fluidex Each, Tropicaid Sphinx entre otros. También se encuentran las aplicaciones de predicción, muy utilizados en meteorología (Gonzales (2013), demografía, previsión bursátil, geología, minería, entre otros, los sistemas de planificación muy utilizados en la administración empresarial, el más conocido en el prospecto (León 2007). También tenemos los de reparaciones, que incluyen los anteriores y el de construcción.

La uva es el producto del cultivo de la vid (Escobar 2008), arbusto trepador o replante, de troncos o sarmientos nudosos y leñosos y canutillos que le permiten trepar formando los viñedos (López). Al iniciar la primavera empieza a florear en forma de racimo que al madurar se convierte en el fruto (racimo de uva). Su cultivo se realiza en seco, aprovechando solo el agua de la lluvia, durante este período pueden ser perjudicados por plagas y enfermedades, siendo los primeros organismos vivos que afectan el cultivo, la segunda es una alteración causada por organismos vivos como hongos y bacterias, mientras que los segundos son causados por alteraciones en la nutrición de la planta, clima, entre otros y que dañan la plantaciones en cualquiera de sus partes y productos, reduciendo su valor económico.

Plagas como: filoxera, araña roja, acaro hialino, aves, ratas y ratones, gusano cornudo de la vid, avispas y abejas y enfermedades como oídio, podredumbre gris, agalla de la corona, son las que atacan el cultivo de la vid.

El control de estas plagas y enfermedades es importante, por lo que el agricultor debe conocer e identificar la plaga o enfermedad, características, períodos, tratamiento, insecticidas, técnicas y métodos para aplicar a los cultivos a

fin de prevenir y evitar alteraciones que afecten la producción, siendo esta la razón principal para el desarrollo de un sistema experto.

### Materiales y métodos

El estudio se centra en la investigación aplicada diseño experimental (Hernández, Fernández & Baptista 2014), así como tecnológica (Huamani), La muestra estuvo conformada por 52 plantaciones de uva del valle de Cañete.

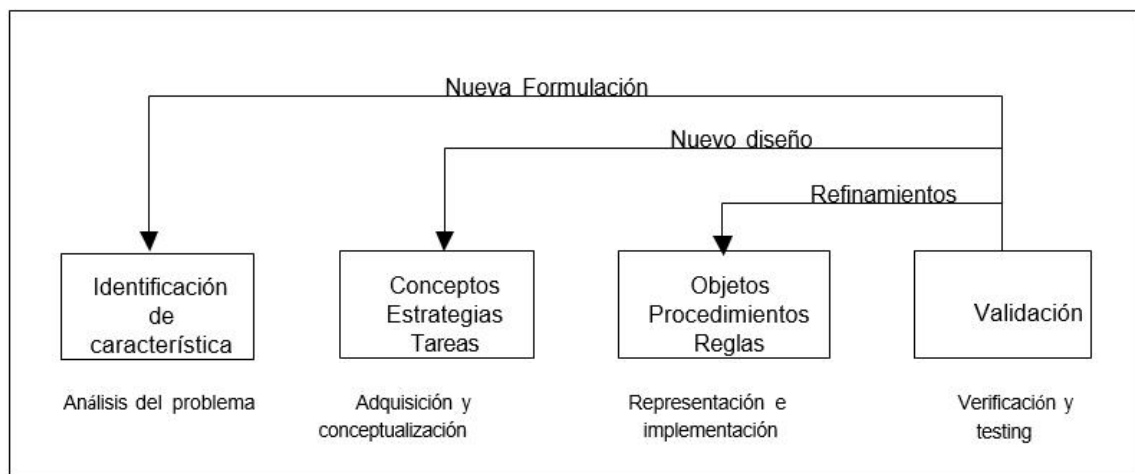
El procedimiento constituyó en recolectar información de los expertos y de bibliografía sobre el tema en estudio

Para el desarrollo del sistema experto para el diagnóstico de las plagas y enfermedades en el cultivo de la uva se debe tener en cuenta los siguientes pasos

La identificación y análisis del problema para luego idear y modelar el conocimiento, siendo responsable el Ingeniero de conocimiento y el experto. En el desarrollo, el primer caso se plantea los posibles problemas y las soluciones, estableciendo los conceptos para su representación, con la finalidad de solucionar los problemas que se puedan presentar y sus características, por ello en la primera fase en que se elige la aplicación, se debe delimitar el ámbito de desarrollo del sistema, teniendo en cuenta el usuario y las características que solicita, así como la información declarativa, luego se realiza la alimentación de la información bajo la supervisión del experto y la presencia del usuario, de tal manera que pueda brindar la respuesta correcta, de lo contrario se debe realizar las correcciones del caso, una vez realizada la acción, se determina si esta interfaz es amigable con el usuario, siendo capaz de explicar las soluciones del problema.

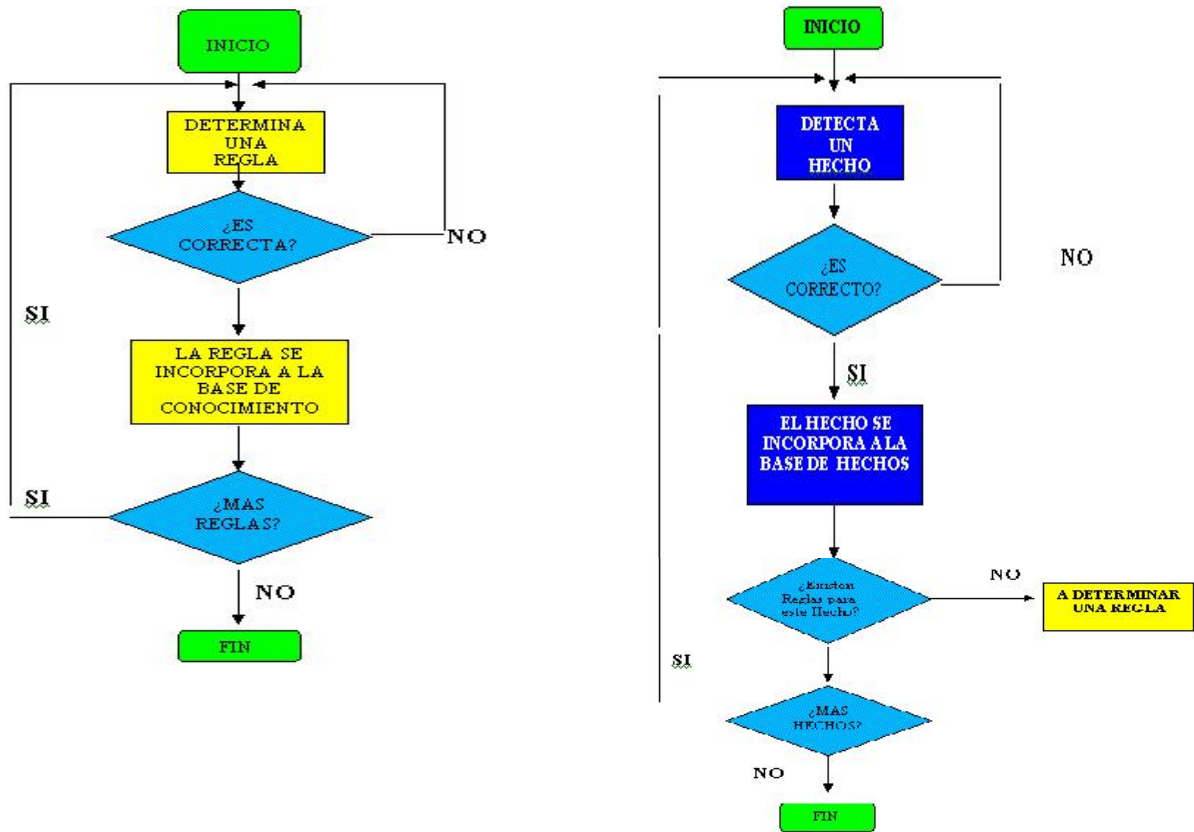
La elección de la herramienta aprobada es el motor de inferencia, usualmente se pueden elegir uno de los existentes (shells) que se adapte al sistema y a sus necesidades, por lo que se hace necesario realizar el prototipo, considerando que esta herramienta debe tener un lenguaje simple y universal, estos deben ser de fácil acceso y capacidad de dialogo, por lo general esta herramienta se elige si ha sido utilizada anteriormente en la construcción de otro sistema. Este proceso se realiza en cuatro etapas: Análisis del problema, adquisición de conocimiento y conceptualización, Formulación y representación del conocimiento y validación.

**Ciclo de construcción de un Sistema Experto**



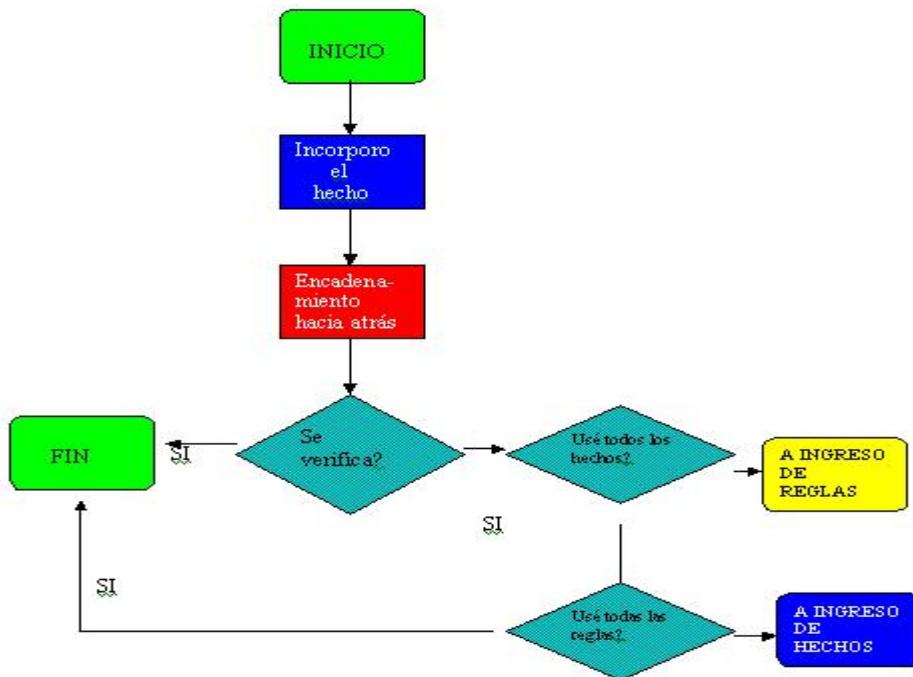
#### Construcción del Sistema Experto

- Fase 1: correspondiente al análisis del problema y las condiciones de uso, es decir el grupo de usuarios.
- Fase 2: Corresponde la adquisición de conocimiento y conceptualización del problema como conceptos, procedimientos, reglas de inferencia heurística, casos especiales, métodos de razonamiento y restricciones.
- Fase 3: Corresponde a la formulación y presentación del conocimiento, en el que se considera la elección del formalismo de representación del conocimiento, la elección de la arquitectura que permita interactuar con los elementos, la formalización de la base de conocimientos

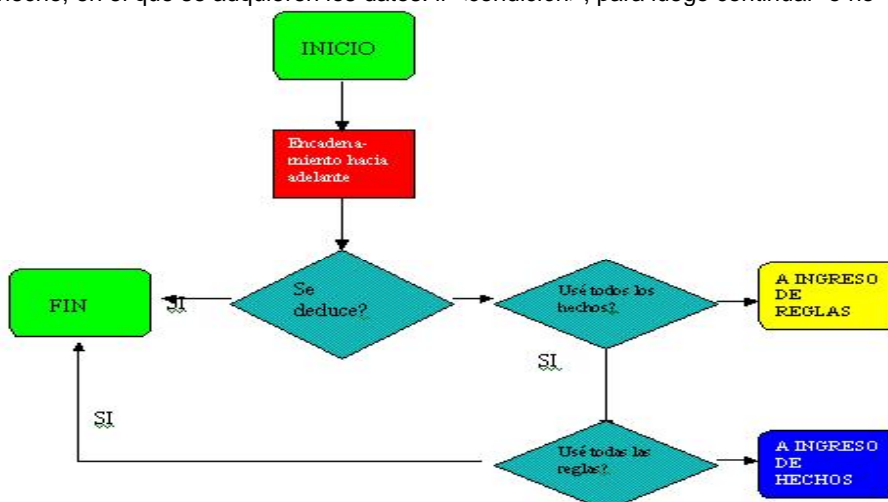


**Proceso lógico de carga de datos**

Verificación de hechos; donde se produce el hecho y luego se encadena hacia atrás, observándose los casos mediante cascadas u órdenes.



Deducción del hecho, en el que se adquieren los datos: if <condición>, para luego continuar o no <conclusión>



Fase 4: corresponde a la Validación: No es la prueba del sistema, por el contrario se considera el desarrollo y actualización de conocimientos como método de procesamiento que se refleja en los resultados.

### Resultados

Para el desarrollo del software se seleccionó de manera aleatoria una plaga y una enfermedad desarrollando el sistema respectivo, realizando 5 pruebas de cada una bajo el siguiente esquema, la información fue proporcionada por expertos en el cultivo de uva del Valle de Cañete y se complementó con información del Vademécum agrícola, teniendo los resultados respectivos siguientes:

Prueba para la plaga; Arañita roja: Panonychus ulmi y Tetranychus sp.

Tala 1.  
Resumen de pruebas de plagas

Problemas	SI	NO
Terrenos con poco riego	4	1
Plantas marchitadas	4	1
Las hojas tienen color gris plomizo	4	1
Ácaros color rojizo en la parte inferior de la hoja	4	1
Tejidos de telas de araña en las hojas	4	1
<b>Control</b>		
Riego adecuado	4	1
Humedad adecuada en el tierra	4	1
Uso de fertilizantes que incluyen potasio generan plantas fuertes y resistentes	4	1
Uso de átomos nitrogenados favorecen el desarrollo de las plantas	4	1
Uso de azufre en polvo a razón de 30 K por Ha	4	1
Uso de azufre mojado: 1 K por 200 lt de agua	4	1
Uso del proponeb como Fitorraz, Metharrach	4	1
En altas poblaciones usar acaricidas: dicofol (keltahne); Abamectina (Vertimec, Abamex, Spider); Azocyclotin (Peropal)	4	1
<b>Consecuencias</b>		
Daña ,a fotosíntesis extrayendo los jugos celulares	4	1
Mayor transpiración de las plantas	4	1

Resultado de las pruebas realizadas para las plagas:

Tabla 2.  
Resultado de prueba de plagas

N° de Pruebas buenas	N° de pruebas malas	Resultados
4	1	80%

Prueba para la enfermedad Pidium

Problemas	SI	NO
Manchas verde oscuro en brotes y sarmientos a color chocolate validación de los resultados se realizó mediante 5 especialistas en el cultivo de uva del valle de cañete atado al avanzar la vegetación	4	1
Aborto de la floración – corrimiento - la falta de continuidad en el cuajado	4	1
Presencia de polvillo blanco en ambas caras de la hoja o cubrirla totalmente	4	1
Racimos con granos de color amarillo y luego cubiertos por polvillo color cenizo	4	1
Perdida de la elasticidad de las bayas o rajadura de los frutos	4	1
<b>Control</b>		
Poda en verde quitando las hojas cercanas al racimo	4	1
Reducción del follaje para permitir aireación	4	1
Destrucción de los restos de la poda	4	1
Uso de azufre en espolvoreo 30 a 40 k por ha	4	1
Uso de azufre floable (Azufre y otros similares) a la dosis de 1 kilo por cilindro.	4	1
<b>Al presentarse la enfermedad</b>		
Usar fungicida Tebuconazole (Silvacur); triadimenol (Bayfidan), dimenol (Bayfidan), Triadimefon (bayleton) en la dosis de 100 ml por 200 lt de agua	4	1
Uso de propinelo (antracol) a la dosis de 400 gr por 200 lt,	4	1
Uso de bupirimate (manduraz, nimrod) a dosis de 300 ml por 200 lt;	4	1
Uso de diniconazole (Sumi 8) a dosis de 100 gr por 200 lt	4	11
Aplicación de tres tratamientos con fungicidas en brotes de 10 cm de longitud, al inicio de la floración y cuando los racimos se encuentran en envero o cambio de color	4	1

Resultado de las pruebas realizadas para las enfermedades:

N° de Pruebas buenas	N° de pruebas malas	Resultados
4	1	80%

La validación de la información y los resultados se realizó por 5 expertos en el cultivo de uva del valle como Lunahuaná, San Vicente, Mala, Santa Cruz y Nuevo Imperial, teniendo los siguientes resultados:

Validador expertos en cultivo de uva	Valoración				
	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Lunahuana					100
Nuevo Imperial					98
San Vicente					99
Mala					97
Flores					100
Total					494
Resultado					98.8

Valoración del 98.8 % para la información que proporciona el software y que nos dan la certeza de la información.

Resultados de satisfacción del uso del sistema.

Tabla 3.  
Utilidad la información que brinda el software

Válido		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje
					acumulado
	Muy mal	3	6,0	6,0	6,0
	Mal	8	16,0	16,0	22,0
	Regular	13	26,0	26,0	48,0
	Bueno	14	28,0	28,0	76,0
	Muy bueno	12	24,0	24,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0	

En la tabla 3, se puede observar que del total de participantes en el estudio el 6% considera que la utilidad es muy mala, el 16 % considera que es mala, el 26 % considera que es regular, el 28 % considera que es buena y el 24 % considera que es muy buena

Tabla 4.  
Facilidad en el manejo del software

Válido		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje
					acumulado
	Muy mal	5	10,0	10,0	10,0
	Mal	3	6,0	6,0	16,0
	Regular	14	28,0	28,0	44,0
	Bueno	14	28,0	28,0	72,0
	Muy bueno	14	28,0	28,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0	

Gráfico N° Facilidad del manejo del software 100,0

En la Tabla 4, podemos observar que el 10 % de los participantes en el estudio manifiestan que muy malo el manejo del software, el 6 % considera que es malo, el 28 % considera que es regular, el 28 % considera que es bueno y el 28 % considera que es muy bueno.



Tabla 5.  
*Confiabilidad la información que brinda el software*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Muy mal	5	10,0	10,0	10,0
	Mal	3	6,0	6,0	16,0
	Regular	10	20,0	20,0	36,0
	Bueno	17	34,0	34,0	70,0
	Muy bueno	15	30,0	30,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0	

En la Tabla 5, podemos observar que del total de participantes el 10% considera que la información no es muy mal la confiabilidad de la información, el 6 % considera que es mala la confiabilidad, el 20 % considera que es regular la confiabilidad, el 34 % considera que es bien confiable y el 30 % considera que es muy confiable.

Tabla 6.  
*Funcionamiento en diversos dispositivos del sistema*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Muy mal	3	6,0	6,0	6,0
	Mal	4	8,0	8,0	14,0
	Regular	17	34,0	34,0	48,0
	Bueno	13	26,0	26,0	74,0
	Muy bueno	13	26,0	26,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0	

En la Figura 6, podemos observar que el 6 % considera que el muy malo el funcionamiento del sistema en otros dispositivos, el 8 % considera que es Malo, el 34 % considera que es regular, el 26 % considera el bueno y el 26 % considera que es muy bueno.

Tabla 7.  
*Facilidad de aprender el manejo del sistema*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Muy mal	2	4,0	4,0	4,0
	Mal	2	4,0	4,0	8,0
	Regular	17	34,0	34,0	42,0
	Bueno	16	32,0	32,0	74,0
	Muy bueno	13	26,0	26,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0	

En la Tabla 7, se puede observar que del total de participantes el 4 % considera que es muy Malo la facilidad de aprender el manejo del sistema, el 4 % considera que es malo, el 34 % considera que regular, el 32 % considera que es bueno y el 26 % considera que es muy Bueno.

Tabla 8.  
*Satisfacción el uso del sistema*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Muy mal	5	10,0	10,0	10,0
	Mal	10	20,0	20,0	30,0
	Regular	16	32,0	32,0	62,0
	Bueno	17	34,0	34,0	96,0
	Muy bueno	2	4,0	4,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0	

En la Tabla 8, se puede apreciar que del total de participantes el 1 % considera muy mala la satisfacción del sistema, el 20 % considera que es mala, el 32 % considera que es regular, el 32 % considera que es buena y el 4 % considera que es muy buena.

## Discusión

El desarrollo e implementación del sistema experto de diagnóstico y control de plagas y enfermedades en el cultivo de la uva, proporcionó datos muy interesantes tanto en la parte experimental, es decir en la construcción del sistema como en el análisis de los resultados obtenidos, que merecen ser discutidas independientemente.

### Diseño del sistema

En primer lugar, en la Fase experimental de construcción del sistema, considerando que la finalidad del estudio de realizar el diagnóstico, y control de las plagas y enfermedades para optimizar el proceso de cultivo de los viñedos. La recolección de información específica, especializada y científica sobre los diferentes tipos de plagas y enfermedades que se presentan durante su cultivo, fue obtenida de los expertos (agricultores, así como de Ingenieros Agrónomos especializados en la materia), clasificándolos en profesionales, técnicos y no técnicos, de trayectoria reconocida por la calidad en el cultivo de sus viñedos y producción, complementándose con información del Vademécum Agrario en materia específica de nombres y definiciones científicas. Lo más relevante en esta fase fue la contrastación de la información por otros expertos del Valle de Mala y Cañete, que incluyen a los agricultores de los distritos de Lunahuaná, Nuevo Imperial, San Vicente, Mala y Flores, presentando dificultades en el entendimiento por las características propias en el reconocimiento, prevención y control de las plagas y enfermedades que los expertos iniciales proporcionaron, debiendo considerar una conceptualización clara y sencilla para entendimiento del personal que realiza la parte operativa en los viñedos.

En segundo lugar, en la fase de codificación se consideró un patrón de secuencia a fin de evitar dificultades durante el proceso de alimentación a la base de datos del sistema, teniendo en cuenta los hechos en la construcción de la base de hechos y códigos con el administrador de base de datos y en el procesamiento de palabras, debiendo simplificar el proceso para facilitar el manejo a los usuarios, utilizando el lenguaje prolog para la alimentación de datos, el wspolog para el motor de inferencia y en la interfaz el java.

En tercer lugar, la fase de verificación y validación de la información fue relevante, ya que permitió corregir los errores que presentó el comportamiento del sistema en las pruebas, debido a la información de los expertos, hasta conseguir la información necesaria y útil para los usuarios.

Por último, en la utilización del sistema experto, la selección de los especialistas y la metodología empleada facilitaron la codificación de identificación de las plagas y enfermedades, brindando facilidad en

el análisis de las variables al realizar las pruebas de estudio, de tal manera que el usuario, sin considerar el nivel educativo, pueda seguir la secuencia de preguntas y respuestas, teniendo facilidad en la interacción usuario – sistema experto, haciéndolo entendible y evitando errores en el manejo, no encontrando diferencias en el tiempo de uso de los usuarios, sin embargo si presentó dificultades en el entendimiento de la información, para tal efecto se presentó la guía de manejo, con la información necesaria para manejar el sistema en diversas plataformas.

### Análisis estadístico

En cuanto a los hallazgos encontrados en las pruebas de validación de la información y manejo del sistema. Realizados por expertos en base a la información que proporciona el sistema, encontramos un 80 % de validación de 5 pruebas realizadas. Tal como considera Barrantes y Vigo (2012), considera que la validación de un sistema experto es importante para verificar si la información es la adecuada o no, tanto desde el punto de vista científico como del experimental, a fin de obtener la información correcta y precisa para los usuarios, esta debe estar en rango de los 80 a 100 % para considerarla válida, debiendo tener en cuenta el número de pruebas que permitan su medición.

Por otro lado, en cuanto a la utilidad del software, es evidente los hallazgos obtenidos por la diferencia de niveles educativo del personal que trabaja en el cultivo de la uva, teniendo valores del 6% que consideran es muy mala, el 16 % que es mala, haciendo un 22 %, deduciendo que pertenecen al grupo de personal no técnico, para el 26 % es regular, para el 28 % es buena y el 24 % es muy buena, valores porcentuales atribuidos al grupo técnico y profesional teniendo un total de 78 % de aceptación entre ambos, Según Aramendiz, Salas, Vergara y Villadiego (2012). Para que un sistema sea fácil de usar debe capacitarse al usuario y entregar una guía de uso, de tal manera que la diferencia del nivel educacional no sea obstáculo para el manejo de un software. Por lo tanto los hallazgos se relacionan básicamente a ese nivel educacional.

Otro dato importante que se relaciona con este parámetro se da en la facilidad de uso del software, para el 10 % de los participantes es muy malo el manejo del software, el 6 % que es malo, haciendo un total del 16 % atribuido al nivel no técnico, para el 28 % es regular, otro 28 % es bueno y otro 28 % es muy bueno, haciendo un total de 56 %, atribuido al personal técnico y profesional. La evidencia es notoria en este rubro, observándose la capacidad de manejo y conocimiento en el uso de tecnología de este grupo, Miguel (2012), Piscoy (2019) y Perez y Rojas (2019) consideran que el avance de la tecnología no debe ser excluyente al nivel educacional y sociocultural, esta debe estar al alcance de toda persona, más aún si se trata de

trabajadores del sector agricultura en el área operativa del campo, para ello es necesario que al implementar un sistema experto se deba proporcionar la guía de manejo, inclusive se debe proveer de la tecnología adecuada al trabajador a fin de mostrar resultados positivos en la actividad laboral.

Por otra parte, en cuanto a la confiabilidad de la información el 10% de los participantes considera que es muy mala, el 6 % que es mala, haciendo un total de 16 %, valor que se mantiene en el grupo de los no técnicos, el 20 % considera que es regular, el 34 % que es buena y el 30 % considera que es muy buena, que hacen un total de 84 % atribuidos al personal técnico y profesional, que por lógica entiende la información que brinda el sistema. Según Muñoz y Muñoz (2007) y Salao (2009).

La validación de la información de un sistema experto por expertos humanos brinda la confiabilidad de la información, ya que en esta fase se realizan las correcciones de los errores que puedan presentar, los hallazgos que se puedan presentar en estudios tecnológicos son opiniones subjetivas de un sector de usuarios que no se encuentran familiarizados con el uso de la tecnología.

En cuanto al funcionamiento en distintos dispositivos el 6 % considera que es muy malo la adaptación en otros dispositivos, para el 8 % es malo, que suman un total del 14 % y pertenecen al grupo de los no técnicos, para el 34 % es regular, el 26 % es bueno y el 26 % que es muy bueno, haciendo un total de 86 %, valor porcentual que se atribuye al grupo de los técnicos y profesionales, que por su capacidad económica pueden adquirir dispositivos modernos que son de uso personal y utilizados para consultar la información requerida. Muñoz, y Muñoz (2009), Abad y Abad (2011) y Piscoy (2019) sostienen que el avance de la tecnología se encuentra a la vanguardia, por lo tanto los sistemas son funcionales en determinados períodos de acuerdo a la tecnología utilizada, por lo tanto estos deben ser mejorados periódicamente y al ser diseñados deben tener las características que le permitan poder utilizarlos en distintos dispositivos, teniendo en cuenta para rubro que será utilizado, el nivel educacional y la capacidad adquisitiva.

Para el caso de la facilidad de manejo del sistemas, para el 4 % de los participantes es muy malo, el 4 % que es malo, haciendo un total de 8 % atribuido al grupo de los no técnicos y que es probable que no puedan manejar el sistema. Para el 34 % es regular, para el 32 % es bueno y para el 26 % es muy bueno, suman un total de 92 % en este rubro los técnicos y profesionales, y que se puede atribuir al nivel de estudios de los trabajadores. Según Urteaga (2015 y Barrantes y Vigo (2011), Piscoy (2019) es conveniente proporcionar guías de manejo y/o capacitar al usuario en el manejo del sistema móvil, teniendo en cuenta los dispositivos que emplean de

uso diario, a fin de que puedan manejar con facilidad el sistema, según su naturaleza.

Por último, en cuanto a la satisfacción del sistema, para el 12 % es muy mala, para el 20 % es mala, sumando un total de 32 %, suma elevada, sin embargo se evidencia subjetivamente el no querer manejar el sistema, sin embargo, para el 32 % es regular, otro el 32 % considera que es buena y sólo el 4 % es muy buena., que suman un 68 % del total de participantes, información que contrasta con los hallazgos anteriores. Para Barrantes y Vigo (2012), Muñoz y Muñoz (2007), y Quinteros, Ríos, Quintana y León (2019). La probabilidad de aceptación de un sistema es remota debido a que existe la posibilidad de perder el trabajo, pues el uso de estos sistemas reduce las jornadas laborales en horas hombre, además consideran que es mejor el conocimiento humano que el conocimiento de la tecnología, encontrando una resistencia personal al avance tecnológico y su empleo en la actividad laboral.

## Conclusiones

Se desarrolló y implementó el Sistema experto de diagnóstico, prevención y control de plagas y enfermedades del cultivo de uva satisfactoriamente, siendo aceptado, demostrando la factibilidad de uso. Su diseño fue desarrollado bajo el lenguaje prolog en la base de datos, el lenguaje wsprolog en el motor de inferencia y java para la interfaz de usuario.

El uso del sistema es fácil para el usuario y amigable, ya que presenta una interfaz de usuario entendible, práctica gráfica, sencilla e intuitiva, cabe mencionar que fue construido bajo el principio de software libre para ser utilizado en multiplataforma, es decir en diferentes dispositivos.

La información proporcionada por los expertos humanos para la construcción del sistema en el diagnóstico de prevención y control permitió la validación del conocimiento de la base de conocimientos, así como su posterior validación por acuerdo al criterio de un conjunto de especialistas de reconocida trayectoria en el cultivo de uvas por la calidad de sus viñedos y producción, así como expertos en sistemas para verificar y validar su funcionamiento, pudiendo ser utilizado por los profesionales, técnicos y no técnicos.

La evidencia experimental se muestra en la tabla N°1 y N° 2, se puede observar que sólo se obtuvo un error de funcionamiento del 20 % demostrado a través de las 05 pruebas realizadas, lo que permitió realizar las correcciones oportunas.

En cuanto a la utilidad del sistema el 6% de los participantes consideró que es muy mala, el 16 % que es mala, sumando el 22 %, correspondiendo al grupo de personal no técnicos el 26 % consideró que es regular, para el 28 % es buena y el 24 % que es muy buena, correspondiendo al grupo técnico y profesional sumando un 78 % de aceptación de la utilidad.

En la facilidad de uso del software, el 10 % de los participantes manifestó que muy malo, el 6 % que es malo, sumando el 16 % correspondiendo a los no técnicos, el 28 % considera que es regular, el 28 % que es bueno y otro 28 % que es muy bueno, sumando un 84 %, correspondiendo a los profesionales y técnicos.

En la confiabilidad de la información, el 10% considera que muy mala, el 6 % que es mala, sumando el 16 % correspondiendo a los no técnicos, el 20 % considera que es regular, el 34 % que es buena y el 30 % que es muy buena, sumando un 84 % tribuidos al personal técnico y profesional.

En cuanto al funcionamiento en distintos dispositivos el 6 % considera que es muy malo, el 8 % que es malo, sumando un 14 % correspondiendo al grupo de los no técnicos, el 34 % considera que es regular,

el 26 % que es bueno y para el 26 % que es muy bueno, sumando el 86 %, correspondiendo al grupo de los técnicos y profesionales.

En la facilidad de manejo de sistemas, el 4 % considera que es muy malo, el 4 % que es malo, sumando el 8 % atribuido al grupo de los no técnicos, el 34 % es regular, el 32 % es bueno y el 26 % es muy bueno, suman un 92 % correspondiendo a los técnicos y profesionales.

En la satisfacción del sistema, el 12 % es muy mala, para el 20 % es mala, sumando un 32 %, correspondiendo al no técnico; el 32 % es regular, otro el 32 % que es buena y sólo el 4 % es muy buena, que suman un 68 % correspondiendo a los técnicos y profesionales,

Se proporcionó la guía de funcionamiento para el manejo de los usuarios, permitiendo que un porcentaje elevado pueda hacer uso del sistema experto en actividades laborales, este fue elaborado en base a la información de expertos humanos. Su funcionamiento muestra similitud al conocimiento del experto práctico, evidenciando que no existe diferencia alguna en la información, demostrando la capacidad de uso con la utilidad de la información que demuestra el sistema experto con porcentajes relativamente altos, además demostró disminución en el tiempo de la búsqueda de la información, variable que no fue necesaria medirla pero que proporcionó buenos resultados disminuyendo horas hombre en el trabajo.

## Referencias bibliográficas

- Abad. T. G. Abad. T. C. ((2011). Universidad Nacional de Loja. Loja. Ecuador. Sistema experto para el control y seguimiento del manejo agro técnico del maíz híbrido de la zona maicera de la provincia de Loja. Tesis para optar el título de Ingeniero de Sistemas.
- Alonso M. (2006) Métodos de solución de problemas: diagramas inteligentes. 14 edición. Edit. Fundación Universidad de Palermo. Madrid. Recuperado en: <http://oa.upm.es/14207/1/06-metodos-resolucion-problemas.pdf>
- Bunge M (El fundamento científico.. conocimiento ordinario y científico Recuperado en: <https://www.scielo.org/article/rcsp/2017.v43n3/470-498/>
- Martínez M.M. (Conocimiento y base de datos, una propuesta de integración inteligente. Tesis para optar el grado Académico de Doctor. Universidad de Cantabria. España.
- Badaró S, Ibañez L.J Agüero m.J. (2013) Sistemas expertos, fundamentos, metodología y aplicación. Universidad de Palermo. España. Revista de Ciencia y Tecnología. Ed. 13. Pp 449 – 464.
- Barrantes A. C. Vigo L.A (2012). Sistema Experto Móvil para el diagnóstico y manejo integral de plagas en el cultivo de arroz. Tesis para optar el título de Ingeniero Informático. Universidad Nacional de Trujillo. La Libertad. Perú.
- Bula H. D. Aramendiz H. Salas D. J. Vfgcra W. E. Villadiego D.J. (2012). Sistema experto para el diagnóstico de plagas y enfermedades en los cultivos de berenjena Solanum Melongena L) en la región Caribe de Colombia. Universidad de Colombia Montaña. Colombia.
- Congreso Internacional de Inteligencia Artificial. (2019) Alicante. España. España. Recuperado de: <https://ia.elindependiente.com/>
- Dácila C.I. (2013) Nuevas tecnologías como herramienta en formación Universidad Complutens de Madrid. Recuperado en: <http://www.seeci.net/cuiciid2013/PDFs/UNIDO%20MESA%202%20DOCENCIA.pdf>
- Azcodia S.S. Recuperado en: <https://blogthinkbig.com/sistemas-expertos-inteligencia-artificial>
- Escobar BD. (2008). Diseño de un sistema experto, mantenimiento e implementación en un sistema de ingeniería. Tesis para optar el título de Ingeniero. Universidad UFIT.
- Gomez F.M. Cervante O.J. Gonzales P.P.. Administración de Proyectos. Universidad Autónoma de México. Recuperado en: [http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/Notas\\_Admon\\_de\\_Proyectos\\_v2\\_2.pdf](http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/Notas_Admon_de_Proyectos_v2_2.pdf)
- Gonzalez A. J. Cultivo de la Uva. Recuperado en: [https://www.google.com.pe/search?source=hp&ei=TKdaX\\_qwEaS75OUPz\\_WSsAE&q=cultivo+de+la+uva&oq=cultivo+de+la+uva&gs\\_lcp=CgZwc3ktYWIQAzICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAA6BQgAEL ED0ggIABCxXCDAToFCC4QsQM6CggAELE DEEYQ-QE6AgguOgUilHCTakoFCAkSATFKBggKEglxN1DSPViXemD1fmgBcAB4AIAB9wGIAZoRkgEGMS4xNS4xmAEoAEbqgEHZ3dzLXdperABA](https://www.google.com.pe/search?source=hp&ei=TKdaX_qwEaS75OUPz_WSsAE&q=cultivo+de+la+uva&oq=cultivo+de+la+uva&gs_lcp=CgZwc3ktYWIQAzICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAA6BQgAEL ED0ggIABCxXCDAToFCC4QsQM6CggAELE DEEYQ-QE6AgguOgUilHCTakoFCAkSATFKBggKEglxN1DSPViXemD1fmgBcAB4AIAB9wGIAZoRkgEGMS4xNS4xmAEoAEbqgEHZ3dzLXdperABA)
- A&scient=psy-ab&ved=0ahUKEwj6ho-a0N\_rAhWkHbkGHc-6BBYQ4dUDCAc&uact=5
- León Q T. (2007) Sistemas expertos y sus aplicaciones. Tesis para obtener el título de Licenciado en Computación.. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo. México..
- López G.J. (Q)Algoritmos y programación. Segunda Edición. Recuperado en: <https://libros.metabiblioteca.org/bitstream/001/169/8/AlgoritmosProgramacion.pdf> Escobar 2
- Miguel A. M. (2012). Diseño de sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de problemas en el cultivo de paps.. Tesis para optar el título de Ingeniero de Sistemas Empresariales. Universidad Científica del Sur. Lima. Perú.
- Muñoz G. B, Muñoz G. B. (2007) Sistema experto para la ayuda en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades de enfermedades de enfermedades en el cultivo hidropónico. Tesis para optar el título de Licenciado en Ciencias Computacionales. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Hidalgo. México.
- Pérez L.V. , Rojas A.D. (2019) Impacto de la Inteligencia Artificial en las empresas con un enfoque global. Tesis para optar el título de Ingeniero de Sistemas e Informático. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima Perú.
- Pisco y R. J. (2019). Sistema de visión empresarial para apoyaren la identificación de plagas y enfermedades en el cultivo de sandía en el distrito de Ferreñafe. Tesis para optar el título de Ingeniero de Sistemas y Computación. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo. Piura. Perú.
- Quintero D. L. Ríos R. L. Quintana S.D. León A. S. (2019). Sistema experto para el diagnóstico presuntivo de enfermedades fúngicas en el cultivo. Universidad Universidad de Ciencias
- Badaró S. Ibañez J. Agüero M. Sistemas expertos: fundamentos, metodologías y aplicaciones Computacionales. La Habana. Cuba.. Cuba. Revista Cubana de Ciencias Informáticas Vol. 13, No. 1, Enero-Marzo, 2019
- Ramírez R.D. Cervello G.L. Martínez G.D. Virgili U.J. Interfaces Usuario Maquina. Recuperado en: [http://catedranaranja.com.ar/wp/wp-content/uploads/interfaces\\_usuario\\_maquina.pdf](http://catedranaranja.com.ar/wp/wp-content/uploads/interfaces_usuario_maquina.pdf)
- Ruiz E.G. (2004). Uso de los sistemas expertos para el mejoramiento de la calidad. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: [http://acacia.org.mx/busqueda/pdf/09-155\\_Hiram\\_Ruiz\\_Esparza\\_Gonzalez.pdf](http://acacia.org.mx/busqueda/pdf/09-155_Hiram_Ruiz_Esparza_Gonzalez.pdf)
- Salao B. (2009) Estudio de las técnicas de Inteligencia Artificial mediante el apoyo de un software educativo. Tesis para optar el título de Ingeniero en Sistemas Informático. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador.
- Sánchez D.M. De las Heras R.J. Sistemas expertos basados en reglas. Recuperado en: <https://sites.google.com/site/sistemas-expertos-nah/home/sistemas-expertos-basados-en-reglas>
- Saenz A.M. Sanz A. T. Razonamiento educativo, inteligencia – aprendizaje.. Recuperado en: <https://core.ac.uk/download/pdf/19609829.pdf>.

Santaella Vallejo J. Un sistema experto Mycin.  
Recuperado de:  
<http://www.it.uc3m.es/jvillena/irc/practicas/estudios/MYCIN.pdf>

Urteaga M (2015). Sistema inteligente para el control de plagas en cultivos.Universidad Privada del Norte. REFI UPN.2015; 3(2): 28-34