

Software de gestión y análisis de los casos de intoxicaciones por plaguicidas - PlaguiTox

Management and analysis software for pesticide poisoning cases - PlaguiTox

Arturo Orellana García^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-3652-969X>

Victor Alexis Mesa Cisneros¹ <https://orcid.org/0000-0002-9721-1001>

Manuel Alejandro Miranda Hernández¹ <https://orcid.org/0000-0002-7860-5814>

¹Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: aorellana@uci.cu

RESUMEN

Introducción: El Centro Nacional de Toxicología de Cuba, supervisa y controla la información de eventos atribuibles a la inmunización, vacunación e intoxicaciones con medicamentos y plaguicidas. Los casos que llegan al centro, se justifican mayormente por el uso de plaguicidas que tienen un alto nivel de toxicidad y riesgo de muerte. Los especialistas en toxicología, requieren facilidad para revisar las hojas de seguridad, el listado oficial de plaguicidas autorizados en Cuba y los casos anteriores. Esto permite analizar y emitir un diagnóstico, que salve la vida del afectado.

Objetivo: Presentar un sistema para la gestión y el análisis de los casos intoxicados por plaguicidas.

Métodos: El desarrollo se sustentó en la metodología de software Extreme Programming, modelado con la herramienta CASE Visual Paradigm 8.0 y lenguaje UML 2.0. Se utilizó Java con NetBeans 8.0.2 y como gestor de base de datos PostgreSQL 9.3.

Resultados: Se desarrolló una herramienta de gestión de la información toxicológica, así como una base de casos de los síntomas, plaguicidas y diagnóstico por plaguicida. Los especialistas en toxicología

cuentan con una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, que reduce la ocurrencia de errores humanos.

Palabras clave: gestión de casos; plaguicida; razonamiento basado en casos; sistema de gestión; síntomas toxicológicos.

ABSTRACT

Introduction: The Cuban National Toxicology Center supervises and controls the information of events attributable to immunization, vaccination and poisonings with medications and pesticides. The cases that arrive at the center are mainly justified by the use of pesticides that have a high level of toxicity and risk of death. Specialists in toxicology require ease to review the safety sheets, the official list of authorized pesticides in Cuba and the above cases. This allows analyzing and issuing a diagnosis that saves the life of the affected person.

Objective: To present a system for the management and analysis of cases poisoned by pesticides.

Methods: The development was based on the Extreme Programming software methodology, modeled with the CASE Visual Paradigm 8.0 tool and the UML 2.0 language. Java was used with NetBeans 8.0.2 and as PostgreSQL 9.3 database manager.

Results: A toxicological information management tool was developed, as well as a case database of symptoms, pesticides and pesticide diagnosis. Toxicology specialists have a decision support tool that reduces the occurrence of human errors.

Keywords: case management; case-based reasoning; management system; pesticide toxicological symptoms.

Recibido: 02/07/2019

Aprobado: 28/03/2020

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) anualmente se registran entre uno y cinco millones de casos de intoxicación por plaguicidas, con varios miles de muertes. El 99 % de estos hechos ocurren en países en desarrollo. América Latina aporta el 75 % de los casos y se estima que más de 700 000 personas al año sufren los efectos crónicos. Las intoxicaciones agudas por plaguicidas ocupan un lugar importante, precedidas solo por las reportadas por alimentos y medicamentos.^(1,2)

La mayoría de los plaguicidas son fabricados por el hombre (plaguicidas sintéticos). Los agricultores y otros usuarios de estas sustancias, corren un riesgo elevado de exposición. El riesgo puede afectar también a sus familias y comunidades. Cada día entran al mercado nuevos plaguicidas y los profesionales de la salud, desconocen sus peligros y mecanismos tóxicos.

Cuba es un país subdesarrollado con una economía agrícola bien establecida. El uso y abuso de plaguicidas es amplio, lo cual conlleva a intoxicaciones accidentales o los daños ocasionados por inadecuada aplicación de estas sustancias.

El Centro Nacional de Toxicología (Cenatox), es el coordinador del sistema de toxicovigilancia en Cuba. Posee una red integrada por tres centros regionales, localizados al oriente y centro de la isla. El Cenatox es la instancia de supervisión y control desde la cual se gestiona la información de eventos atribuibles a la inmunización, vacunación e intoxicaciones con medicamentos y plaguicidas.⁽³⁾

El Cenatox no contaba con medios informatizados para el manejo de los datos. Como consecuencia se propiciaba la introducción de errores. El proceso se realizaba de forma manual, desde la recepción de la llamada de urgencia, hasta presentar un probable diagnóstico.

Al ejecutar manualmente el proceso, el soporte de los datos, son documentos en formato papel, más vulnerables a eventos como deterioro, humedad e incendios. Uno de los principales problemas, es la pérdida de información causada por la acumulación de documentos, pues el centro cuenta con una base de 865 plaguicidas, y genera aproximadamente 500 registros de casos anualmente.

Analizar esta cantidad de documentos para llegar a un posible diagnóstico, hace que el proceso pueda tardar horas. Se necesita eficiencia para evitar la pérdida de vidas humanas. Existen plaguicidas que causan la muerte en breve tiempo, si no se administra un antídoto.

Para procesar información existen diversas técnicas dígase, minería de datos,⁽⁴⁾ minería de texto,⁽⁵⁾ minería de procesos,⁽⁶⁾ redes neuronales⁽⁷⁾ y sistemas expertos,⁽⁸⁾ todos de la familia de la inteligencia

artificial.⁽⁹⁾ Entre los que más se destacan y acondicionados al tipo de sistema que se quiere desarrollar, se encuentran los sistemas expertos específicamente los sistemas basados en casos (SBC).

En términos generales, un SBC puede ser definido como un sistema computarizado que usa conocimiento sobre un dominio, para arribar a una solución de un problema de ese dominio. Esta solución es esencialmente la misma que la obtenida por una persona experimentada en el dominio del problema, cuando se enfrenta al mismo problema.⁽¹⁰⁾

El caso es una forma de representar el conocimiento para su posterior utilización. Los SBC aplican el razonamiento basados en casos (RBC) que es: un enfoque que aborda nuevos problemas tomando como referencia problemas similares resueltos en el pasado. De modo que problemas similares tienen soluciones similares, y la similitud juega un rol esencial.⁽¹¹⁾ Para construir la base de casos es necesario inicialmente identificar los atributos que describen cada uno de los casos. Estos se dividen en rasgos predictores y rasgos objetivo. Los primeros corresponden a los elementos que el especialista utiliza para caracterizar el estado del paciente y los segundos los plaguicidas que se asemejan a los rasgos predictores utilizados a los cuales se le asigna una hoja de seguridad la cual contiene el tratamiento de desintoxicación. De cada uno se debe especificar el dominio de definición y el tipo de dato correspondiente.

Este trabajo tiene como objetivo presentar un sistema para la gestión y el análisis de los casos intoxicados por plaguicidas.

MÉTODOS

Se realizó una investigación de desarrollo en sistemas de gestión de información sanitaria y servicios de salud, en el periodo comprendido desde el año 2014 hasta el 2018. Se aplicaron los métodos siguientes: Observación de cómo se realiza el proceso de recolección y gestión de los datos de los casos de intoxicaciones por plaguicidas en el Cenatox. Permitted analizar y comparar los resultados de las pruebas realizadas a la aplicación desarrollada.

Entrevistas para recopilar información, mediante la retroalimentación derivada de encuentros con especialistas del Cenatox, satisfacer sus necesidades y obtener un producto con la calidad requerida.

Se realizó análisis documental de las hojas de plaguicidas, que forman parte de la propuesta y definir los criterios para la emisión de diagnósticos.

Como consecuencia fueron definidas cuatro tareas de investigación:

- Fundamentación teórica referente a la toxicología derivada al uso de plaguicidas en Cuba.
- Modelación del proceso y los requisitos del sistema a partir del análisis de las características, particularidades y procesos del Cenatox.
- Diseño del sistema informático y la base de caso para la gestión y el análisis de la información asociada a las intoxicaciones por plaguicidas en el Cenatox.
- Validación de los resultados.

Las herramientas informáticas y tecnologías utilizadas en el desarrollo del software para la gestión de información de los casos de intoxicaciones por plaguicidas en el Cenatox fueron: como metodología de desarrollo, Extreme Programming. Para el modelado se eligió UML 2.0 y Visual Paradigm 8.0 como herramienta CASE. Para el diseño, se utilizó el lenguaje de programación Java, el conjunto de paquetes JavaFX y la herramienta visual SceneBuilder. Para facilitar el desarrollo se utilizó NetBeans 8.0.2 como IDE y para el tratamiento de la base de datos, PostgreSQL 9.3 y PgAdmin III.

A partir del análisis documental y las entrevistas, se definió la composición de los casos. En el sistema propuesto, cada caso está compuesto por un número fijo de rasgos que se describen en la tabla 1.

Tabla 1 - Rasgos predictores de la base de casos del SBC

| Rasgos predictores | Dominio | Tipo de datos |
|--------------------|---------|---------------|
| General | | |
| Astenia | Sí, No | Binario |
| Anorexia | Sí, No | Binario |
| Cutáneo - mucosa | | |
| Palidez | Sí, No | Binario |
| Erosiones | Sí, No | Binario |
| Ictericia | Sí, No | Binario |
| Cianosis | Sí, No | Binario |
| Petequias | Sí, No | Binario |
| Equimosis | Sí, No | Binario |

| Rasgos predictores | Dominio | Tipo de datos |
|------------------------|---------|---------------|
| Respiratorias | | |
| Depresión respiratoria | Sí, No | Binario |
| Tos | Sí, No | Binario |
| Expectoración | Sí, No | Binario |
| Disnea | Sí, No | Binario |
| Estertores | Sí, No | Binario |
| Polipnea | Sí, No | Binario |
| Renal | | |
| Hematuria | Sí, No | Binario |
| Oliguria | Sí, No | Binario |
| Anuria | Sí, No | Binario |
| Cardiovascular | | |
| Bradicardia | Sí, No | Binario |
| Taquicardia | Sí, No | Binario |
| Arritmia | Sí, No | Binario |
| Hipertensión | Sí, No | Binario |
| Hipotensión | Sí, No | Binario |
| Digestivo | | |
| Nauseas | Sí, No | Binario |
| Vómitos | Sí, No | Binario |
| Diarrea | Sí, No | Binario |
| Sialorrea | Sí, No | Binario |
| Odinofagia | Sí, No | Binario |
| Dolor abdominal | Sí, No | Binario |
| Neurológico | | |
| Miosis | Sí, No | Binario |
| Midriasis | Sí, No | Binario |
| Confusión | Sí, No | Binario |
| Obnubilación | Sí, No | Binario |
| Somnolencia | Sí, No | Binario |
| Estupor | Sí, No | Binario |
| Coma | Sí, No | Binario |
| Alucinación | Sí, No | Binario |
| Excitación | Sí, No | Binario |
| Fasciculación | Sí, No | Binario |
| Hiperreflexia | Sí, No | Binario |
| Hiporreflexia | Sí, No | Binario |

| Rasgos predictores | Dominio | Tipo de datos |
|---------------------------|---------|---------------|
| Ataxia | Sí, No | Binario |
| Convulsiones | Sí, No | Binario |
| Nistagmo | Sí, No | Binario |
| Visión borrosa | Sí, No | Binario |
| Diplopía | Sí, No | Binario |
| Movimiento extrapiramidal | Sí, No | Binario |

En correspondencia con los rasgos predictores identificados, los especialistas del Cenatox seleccionan el plaguicida que más se asemeja, para indicar el tratamiento que permite la desintoxicación del paciente. Para ello se emplean funciones de semejanza entre los atributos del caso nuevo con los casos almacenados en la base de datos.

Para cada uno de los atributos del caso nuevo se verifica que este exista en los casos anteriores, basado en la fórmula de la distancia Hamming, debido a que todos los atributos se tratan como si fueran booleanos, para ellos se emplea la fórmula I:

$$(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \neq y \\ 1 & \text{si } x = y \end{cases} \quad (\text{I})$$

Donde (x,y) representan los valores del atributo analizado en los casos evaluados. Para calcular la similitud entre 2 casos se utiliza la distancia euclidiana (Fórmula II), en la cual se efectúa una suma de los resultados, después de comparar los atributos. El valor de similitud calculado en este caso, es el equivalente a esa distancia.

$$d(C1, C2) = \frac{\sum_{k=0}^n (s(x, y))}{n} \quad (\text{II})$$

Luego de calcular la similitud existente entre cada uno de los casos, se procede de la siguiente forma: Si la suma obtenida como resultado de la comparación entre atributos es cero, se devuelve ese valor, de lo

contrario se divide dicha suma entre la cantidad de atributos evaluados, del caso de más atributos. Esto último para garantizar que el resultado quede normalizado (valores entre 0 y 1). Dos casos son similares, cuando la distancia o similitud sea mayor o igual que el umbral. La cantidad de atributos evaluados puede variar debido a que todos los casos no tienen la misma cantidad de rasgos.

Una vez que se han recuperado de la base de conocimientos los casos más semejantes al nuevo caso analizado, se procede a reutilizar ese conocimiento para obtener un posible agente causal (plaguicida) y de ahí obtener el tratamiento adecuado el paciente.

El proceso de reutilización se lleva a cabo aplicando la técnica de la moda, para devolver la solución que más se repite de todas las encontradas. Además, el especialista del Cenatox es el encargado de decidir cuál es la solución final.

La tabla 2 muestra un conjunto de plaguicidas, de 865 incluidos en el sistema.

Tabla 2 - Rasgos objetivo de la base de casos del SBC

| Rasgos objetivos | Posibles valores |
|------------------|------------------|
| Abamectina | Sí, No |
| Temofos-silice | Sí, No |
| Acetoclor | Sí, No |
| Imazapic | Sí, No |
| Dazomet | Sí, No |

Para dar solución a la problemática planteada se desarrolló una aplicación de escritorio que cuenta con tres módulos de gestión y un SBC que ofrece la posibilidad de trabajar mediante experiencias previas de especialistas y capaz de confeccionar propuestas de solución para casos similares a los que contiene en su base de conocimientos. Para la utilización del software es necesario contar como mínimo con 2 GB de RAM, procesador: Intel(R) Dual Core CPU @ 2.50 GHz y espacio en disco disponible de 80 GB.

RESULTADOS

A partir de los procesos analizados y las tareas realizadas en el Cenatox, fueron identificadas un grupo de funcionalidades agrupadas en:

- Gestión de usuarios: permite gestionar los usuarios que harán uso del sistema, especificar dos roles que pueden ser asignados (Administrador y Usuario). Posibilita insertar, modificar, listar, buscar, habilitar y deshabilitar los usuarios del software.
- Gestión de plaguicidas: permite gestionar las sustancias con las que se trabaja. Posibilita insertar, modificar, listar y buscar las sustancias que se gestionan en Cuba.
- Gestión de casos: permite almacenar la información de los casos que presentan intoxicaciones por plaguicidas. Posibilita insertar, eliminar, modificar, listar y buscar los datos personales y clínicos de las personas intoxicadas.
- Consultar HDS (hoja de seguridad): permite consultar las HDS y los resultados de la búsqueda de las posibles causas de intoxicación. Posibilita visualizar la HDS del plaguicida.
- Exportar a PDF: permite generar un documento en formato PDF que contiene los datos del resultado, cuando se realiza el diagnóstico al paciente.

El proceso de extracción del conocimiento en los SBC, está compuesto por cuatro etapas que deben ser ejecutadas, para obtener una solución factible; estas etapas son: recuperación, reutilización, adaptación y almacenamiento o aprendizaje.⁽¹⁸⁾ A continuación se presentan los algoritmos y estrategias empleadas. La recuperación es la primera etapa en el proceso de extracción del conocimiento. Generalmente es antecedida por labores de preprocesamiento de datos, que garantizan completitud y organización en el proceso de creación de la base de conocimientos. Su dominio está definido y valida que no se almacenen valores incorrectos o nulos en la aplicación.

En esta etapa, se recuperan instancias o casos con características similares. Sigue una estrategia de umbral para comparar parámetros de los rasgos predictores. Luego de un análisis con los especialistas del Cenatox, se determinó que el valor mínimo (umbral) para determinar que 2 casos son semejantes es de 0,75.

La revisión consiste en dos tareas: avalar cuidadosamente la solución generada por la reutilización, si fuera considerada como correcta, aprende y continúa con la retención del nuevo caso en la base de casos. En el caso contrario, repara la solución, con el uso de conocimiento específico sobre el dominio de aplicación o información suministrada por el usuario. Luego de analizar diferentes técnicas posibles para el contexto de la investigación, se decidió aplicar la adaptación nula. Es la técnica más simple, no es

estructural ni derivacional. Es útil en tareas donde el razonamiento necesario para una aplicación, puede ser muy complejo y la solución en sí misma es muy simple.

Para garantizar que en el futuro el sistema pueda solucionar problemas más complejos, debe aprender. Esto se traduce en incorporar nuevos casos a su base de conocimientos, para poder reutilizarlos más adelante. Para ello, el sistema almacena automáticamente cada caso registrado en la aplicación.

Se realizó un análisis de las herramientas y softwares identificados en la literatura, utilizados en centros hospitalarios y en la agricultura. Este análisis tuvo en cuenta tres aspectos fundamentales: emisión de diagnósticos, gestión de casos de intoxicación y análisis de información. Las soluciones identificadas fueron DiagnosMD,⁽¹²⁾ software de apoyo a la selección de plaguicidas para el cultivo agrícola⁽¹³⁾ y Rectox.⁽¹⁴⁾

La tabla 3 muestra un resumen de la comparación realizada a las tres herramientas analizadas, a partir de los tres aspectos fundamentales para el Cenatox.

Tabla 3 - Comparación de las herramientas y software estudiados

| Software de apoyo a la selección de plaguicidas para el cultivo agrícola | Emisión de diagnóstico | Gestión de casos de intoxicaciones | Análisis de información |
|--|------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| | Si | No | No |
| Rectox | Si | No | Si |
| DiagnosMD | Si | No | No |

Estas herramientas son capaces de contribuir a la recolección y gestión de datos acerca de casos de intoxicaciones por plaguicidas; presentan un diagnóstico rápido y conciso. No tienen soporte funcional ni propician la sostenibilidad a largo plazo, debido a que no se desarrollaron en Cuba y no existe un contrato con los desarrolladores. La propuesta presentada en esta investigación propicia soberanía tecnológica y sostenibilidad en el tiempo.

Como limitante, la solución no cuenta con la hoja de seguridad de plaguicidas incorporada, su integración propiciaría una mejor gestión de la información que estas poseen. Para extender la propuesta es necesaria la gestión de intoxicaciones por emergencias, que dotará al Cenatox de una mayor informatización de sus procesos.

El empleo de las herramientas, metodologías y tecnologías utilizadas posibilitaron que la implementación del sistema se realizara exitosamente. Con el diseño e implementación de las funcionalidades del sistema se obtuvo una aplicación informática que satisface las necesidades del Cenatox.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los doctores Raúl González Pérez y Yaneisy Valdés Gutiérrez, del Centro Nacional de Toxicología de Cuba, por su asesoramiento en los temas de toxicología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Henao S, Arbelaez MP. Situación epidemiológica de las intoxicaciones agudas por plaguicidas en el Istmo Centroamericano 1992-2000; 2001. [acceso: 06/02/2019]. Disponible en: <http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/6832/A2106e.pdf?-sequence=1&isAllowed=y>
2. Ramírez JA, Lacasaña M. Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. Arch Prev Riesgos Labor. 2001[acceso: 23/04/2019];4(2):67-75. Disponible en: http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-01_11-59-0899004.pdf
3. CENATOX. Centro Nacional de Toxicología. [acceso: 14/02/2019] Disponible en: <http://www.cenatox.sld.cu/historia/Historia.html>
4. Hernández Orallo J, Ferri Ramírez CE, Ramírez Quintana MJ. Introducción a la Minería de Datos. 2004. [acceso: 11/06/2019] Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UCC.xis&method=post&formato=2&cantidad=-1&expresion=mfn=064234>
5. Montes-y-Gómez M. Minería de texto: Un nuevo reto computacional. 2001[acceso: 09/03/2019] Disponible en: <https://ccc.inaoep.mx/~mmontesg/publicaciones/2001/MineriaTexto-md01.pdf>
6. Orellana A, Sentí VE, Alfonso D, MVD A. Model for the Detection of Variability in Hospital Processes Using Process Mining. Latin America Transactions. IEEE. 2018;14(4):968-76. DOI: 10.1109/TLA.2018.8358680
7. Mariño SI, Primorac CR. Propuesta metodológica para desarrollo de modelos de redes neuronales artificiales supervisadas. IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation. 2016

[acceso: 17/03/2019];9(6):231-45. Disponible en:

<https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/1654>

8. Pérez NV, García GA, Rodríguez FJ, García JR, Martínez HS. Sistema experto determinista para el diagnóstico de enfermedades eritemato-escamosas en prolog. Pistas Educativas. 2018[acceso: 11/05/2019];38(119):205-16. Disponible en:

<http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/269>

9. Serna A, Acevedo E, Serna E. Principles of Artificial Intelligence in Computer Science Principios de la Inteligencia Artificial en las Ciencias Computacionales. Actas de Ingeniería. 2017. [acceso: 06/06/2019]; 3:354-61. Disponible en: <http://fundacioniai.org/actas/Actas3/Actas3.41.pdf>

10. Laverde RM, Aguilar LJ, Marín LM, Méndez ND, Morales VT. Modelo para personalización de actividades educativas aprovechando la técnica de Razonamiento basado en Casos (RbC). Campus Virtuales. 2015. [acceso: 26/01/2019];4(1):118-27. Disponible en:

<http://www.uajournals.com/ojs/index.php/campusvirtuales/article/view/75>

11. Chávez-Hernández JA, Recarey CA, García-Lorenzo MM, López-Jiménez O. Utilización de la Inteligencia Artificial en el diagnóstico patológico de edificaciones de valor patrimonial. Informes de la Construcción. 2012. [acceso: 12/11/2018];64(527):297-305. Disponible en:

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informes-delaconstruccion/article/view/2187>

12. Diagnos MD- Características principales. 2018. [acceso: 25/11/2018]. Disponible en:

<http://www.diagnosmd.com/desc.php>

13. Ortiz Gálvez CD, Quijada Fuentes CF. Software de apoyo a la selección de plaguicidas para cultivos agrícolas. 2018. [Memoria para optar al título de ingeniero civil en informática]. Chile: Universidad del Bío-Bío, Facultad de Ciencias Empresariales; 2012. [acceso: 25/11/2018]. Disponible en: <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/684/1/Ortiz%20Galvez%2c%20Cristobal%20Didier.pdf>

<http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/684/1/Ortiz%20Galvez%2c%20Cristobal%20Didier.pdf>

14. Sertox. Portal latinoamericano de toxicología. - Institucional - Software y Bases de datos: Rectox. 2018. [acceso: 27/12/2019]. Disponible en: <https://sertox.com.ar/categoria/tags/toxicologia-al-dia/software-y-bases-de-datos/>

Conflictos de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribuciones de los autores

Arturo Orellana García: dirigió el proyecto, proporcionó documentación, realizó el análisis a interpretación de los resultados, generó estadísticas, elaboró y aprobó el informe final.

Víctor Alexis Mesa Cisneros: implementó funcionalidades del software.

Manuel Alejandro Miranda Hernández: implementó funcionalidades del software.

Todos los autores se hacen individualmente responsables del contenido del artículo.