



Desarrollo de un Sistema Basado en Conocimiento Mediante Modelado de proceso Evolutivo y Programación lógica para el Aprendizaje de la Taxonomía de los Animales Invertebrados

Development of a Knowledge Based System Through Evolutionary Process Modeling and Logical Programming for Learning the Taxonomy of Invertebrate Animals

Miguel Ángel Palomino Hawasly¹
<https://orcid.org/0000-0001-8162-1332>
Universidad de Córdoba, Colombia

Andrés Farid Díaz Gómez²
<https://orcid.org/0000-0002-6510-8528>
Universidad de Córdoba, Colombia

Juan David Rodríguez Moreno³
<https://orcid.org/0000-0002-9118-2529>
Universidad de Córdoba, Colombia

Recibido: 15-09-2020
Aceptado: 26-12-2020

Cita Recomendada

Palomino, M.A., Díaz, A.F. & Rodríguez, J.D. (2020). Sistema basado en conocimiento para el aprendizaje de la taxonomía de los animales invertebrados. *Hamut'ay*, 7 (3), 30-38
<http://dx.doi.org/10.21503/hamu.v7i3.2189>

RESUMEN

En el presente trabajo se muestra el desarrollo de un sistema basado en conocimiento cuya finalidad es apoyar los procesos de aprendizaje asociados a la taxonomía de los animales invertebrados. Se adoptó la metodología de desarrollo de prototipos evolutivos para tal fin, utilizando el lenguaje prolog como mecanismo funcional de la programación lógica, paradigma computacional en la que está basado este sistema. Se muestran las etapas llevadas a cabo durante el proceso de desarrollo, logrando obtener un prototipo funcional el cual permite la realización de consultas básicas y especializadas que el usuario puede hacer como refuerzo a la actividad de aprendizaje relacionada con la taxonomía de animales invertebrados.

Palabras Clave: Sistema basado en conocimiento, programación lógica, prototipos evolutivos, taxonomía, animales invertebrados.

1. Doctor en Ingeniería, docente tiempo completo Universidad de Córdoba, Coordinador grupo de investigación BIMADINO. mpalomin@correo.unicordoba.edu.co

2. Estudiante de último semestre licenciatura en Informática y Medios Audiovisuales, Universidad de Córdoba, Miembro del semillero de investigación BIMADINO. adiazgomez68@correo.unicordoba.edu.co

3. Estudiante de último semestre licenciatura en Informática y Medios Audiovisuales, Universidad de Córdoba, Miembro del semillero de investigación BIMADINO. jrodriguezmoreno88@correo.unicordoba.edu.co



ABSTRACT

The present work shows the development of a knowledge-based system whose purpose is to support the learning processes associated with the taxonomy of invertebrate animals. The evolutionary development methodology was adopted for this purpose, using the prolog language as a functional mechanism of logic programming, the computational paradigm on which this system is based. The stages carried out during the development process are shown, obtaining a functional prototype which allows the realization of basic and specialized queries that the user can do as a reinforcement of the learning activity related to the taxonomy of invertebrate animals.

Keywords: Knowledge-based system, logic programming, taxonomy, invertebrate animals.

Introducción

Los Sistemas Basados en Conocimiento (SBC) han permitido, desde sus inicios, solucionar problemas complejos de diversa índole, imitando el comportamiento de un experto humano en dominio del problema. De esta manera, intentan reflejar el conocimiento y el razonamiento del experto para tomar decisiones de acuerdo con una situación específica y llegar a una conclusión o dar una respuesta, en ese sentido, son las aplicaciones de mayor crecimiento como campo de la inteligencia artificial con una evolución sólida a través del tiempo hasta convertirse en herramientas potentes capaces de solucionar problemas en distintas áreas del saber.

Los componentes funcionales básicos de un SBC basado en reglas son: la base de conocimiento, el motor de inferencia y la interfaz del usuario (Karla et al., 2020). La base de conocimiento (BC) es donde se almacena el conocimiento que suministra un experto humano de un dominio específico o área determinada. Torres y Garzón (2018). El motor de inferencia (MI) es el que realiza el proceso de razonamiento, usando el conocimiento suministrado en la BC para resolver el problema (Karla et al., 2020). Asimismo, se basa en los hechos y reglas que la conforman de manera general para plantear la solución. Por último, la interfaz del usuario es la que permite que se pueda interactuar con el SBC a través del lenguaje natural. Esto es posible gracias a los dispositivos de hardware de entrada y salida que

permiten la comunicación entre el SBC y el usuario (Pachamora, 2019).

Por otro lado, cuando se aborda la Biología como objeto de estudio, se pueden identificar diversas disciplinas que conforman su esencia de conocimiento, uno de estos focos principales es la zoología, la cual tiene como objeto de estudio a los animales. Y además de ésta, se encuentra la taxonomía, o bien, la ciencia que se ocupa de la clasificación jerarquizada de los seres vivos (Martínez, 2020). Por lo tanto, el sistema taxonómico está conformado por niveles o categorías, las cuales agrupan elementos o características comunes de organismos, por lo que reciben el nombre colectivo de taxones. Éstos a su vez se encuentran organizados por un rango que va desde el taxón más inclusivo (reino) hasta el de menor inclusión (especie), así: Reino, filo, clase, orden, familia, género y especie.

El tema de la taxonomía animal se trabaja con los estudiantes que cursan el programa de Biología en la Universidad de Córdoba-Colombia, específicamente en cuarto semestre. La orientación formativa está centrada en la comprensión y utilización acerca de la taxonomía de los animales invertebrados. Ésta les permite identificar las características y a qué categoría taxonómica pertenece un animal en particular. Dentro de las dificultades de aprendizaje identificadas, se pudo establecer que debido a la gran cantidad de organismos invertebrados que existen, y más aún cuando se tratan de identificar las características

físicas de un animal en particular, se confunde una especie con otra debido a su aspecto físico y errores de clasificación como integrar una especie en un taxón no correspondiente a ese organismo (Ramírez, 2016).

En general, el desarrollar un Sistema Basado en Conocimiento como apoyo a los procesos de aprendizaje asociados a la taxonomía de los animales invertebrados en los estudiantes de cuarto semestre del programa de Biología de la Universidad de Córdoba, aportará como herramienta tecnológica para suplir o tratar este tipo de problemas por medio de consultas simples y especializadas que facilite los procesos de comprensión y aprendizaje de las estructuras taxonómicas (Pereira, Tapia & Medina, 2020).

Método

Como fundamento del presente trabajo se realizó una revisión de literatura sobre las principales variables, que son: Sistemas Basados en Conocimiento y Aprendizaje de la Taxonomía de los Animales Invertebrados, para lo cual se utilizaron referentes bibliográficos de repositorios como Springer, Redalyc, Scielo y Dialnet, los cuales brindaron información relevante en sus publicaciones de los últimos cuatro años al usar descriptores de búsqueda específicos como knowledge-based system, experts systems y aprendizaje de la taxonomía animal.

Sistema basado en conocimiento

De acuerdo con Agarwal (2014), citado por Proaño et al., (2017), los sistemas basados en conocimiento son programas capaces de pensar y de comportarse como un ser humano gracias a la aplicación de la inteligencia artificial. Por lo tanto, son útiles en la resolución de problemas complejos, en que la utilización de la programación convencional no se podría llevar a cabo debido al gran consumo de memoria y el procesamiento de datos, así como el tiempo invertido en el mismo (Proaño et al., 2017).

Según Intriago (2018), los sistemas basados en conocimiento pueden manipular una gran cantidad de información que para una persona experta en un área determinada no es posible; además, se vería limitada en cuanto a ello. Es así como estos sistemas brindan mejores resultados a la hora de tratar un problema específico, ofreciendo un margen de error reducido, en menor tiempo y de fácil comprensión.

Por otra parte, Segreto (2016), menciona que los sistemas basados en conocimiento fueron denominados Sistemas Expertos debido a que el conocimiento con el cual eran construidos provenía mayormente de expertos humanos en un dominio determinado, y además porque manipulaban información bastante sofisticada. Por ende, el término sistema experto es tomado como sinónimo de sistema basado en conocimiento y viceversa; sin embargo, dependiendo de su aplicabilidad tendrán cierta diferencia. González y Rodríguez (s.f.) señalan que con la utilización de estos sistemas expertos se pueden obtener conclusiones favorables de manera rápida y sencilla que giren en torno a la solución de un problema. Además, su aplicación no está limitada, ya que se pueden implementar en cualquier campo de las ciencias permitiendo la satisfacción de los usuarios que lo requieran.

Aprendizaje de la Taxonomía de los Animales Invertebrados

Pachés (s.f.), menciona que la taxonomía es una disciplina científica que busca clasificar a los seres vivos en relación con las características que éstos comparten. En otras palabras, la taxonomía busca agrupar a los organismos que tienen rasgos similares entre sí y asignar un nombre a ese grupo. A cada agrupación se le conoce como taxón, y cada uno de éstos se encuentran organizados de manera jerárquica, iniciando desde un nivel superior a un nivel inferior; entendiéndose por nivel superior a aquellos en los que sus miembros tienen menos similitud entre sí, y por inferior a los que poseen mayor semejanza.

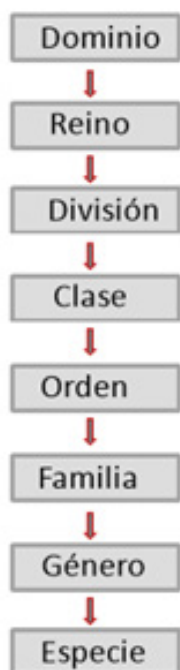


Figura 1. Estructura jerárquica de los taxones.
Fuente: Pachés (s.f.).

En cuanto a la enseñanza y el aprendizaje de la taxonomía de los seres vivos, Patiño (2018) señala que es necesario implementar estrategias metodológicas definidas en una unidad didáctica que lleve a cabo la aplicación de actividades metacognitivas, conceptuales y argumentativas, ya que de esta manera se optimizará el proceso de enseñanza-aprendizaje con relación a esta temática. Cabe resaltar que esta no es la única manera de abordar el concepto de taxonomía, sin embargo, la elaboración de una unidad didáctica permitiría la organización de los contenidos, los objetivos, las tareas y los métodos de manera clara y coherente para el desarrollo de esta.

No obstante, Antoni, Oliveros y Doménech (2017) obtienen en sus resultados que, en el aprendizaje de la taxonomía los estudiantes pueden presentar dificultades si no se tienen en cuenta los mecanismos de evolución y sus consecuencias, ya que este tema abarca ramas y conjuntos de razas de especies que son importante conocer. Por otra parte, es necesario plantear estrategias didácticas que ayuden a los estudiantes a comprender el sistema de clasificación y que lo puedan aplicar al contexto de los seres vivos.

Desarrollo del Sistema Basado en Conocimiento

El proceso de desarrollo del sistema basado en conocimiento se hizo bajo los principios y criterios establecidos en la metodología de prototipos evolutivos, ya que permite la implementación de un sistema de manera parcial, el cual puede ser construido rápidamente a través de una serie de fases (Mamani, Ibarra & Ordoñez, 2019). Además, se utiliza como técnica durante el proceso de desarrollo evolutivo para comprender los requisitos del cliente y poder reducir el riesgo de que estén mal definidos (Wattanagul & Limpiyakorn, 2016). A partir de esto, los estudiantes podrán utilizar el prototipo funcional en sus actividades y proveer retroalimentación acerca del funcionamiento de este, (para un prototipo mejorado en la siguiente versión de desarrollo); con lo cual se le realizarán ajustes, cambios o modificaciones al sistema (Hernández, 2017).

Los modelos evolutivos son iterativos. Se caracterizan por la manera en la que permiten desarrollar versiones cada vez más completas del software (Pressman, 2010) a continuación presenta cinco fases que comprende dicha metodología (Figura 1).



Figura 1. Ciclo de vida del prototipado Evolutivo.

Fuente: Elaboración propia (2020).

Fase de investigación preliminar

Esta primera fase que comprende la metodología consta de tres actividades: Clarificación de requerimientos, estudio de factibilidad y apro-

bación del requerimiento. Éstas permiten determinar el problema, el ámbito, la importancia y el efecto de este. La primera consiste en observar lo que ocurre en una institución, empresa u organización con el fin de concretar lo que se desea realizar; la segunda, en determinar si el proyecto es viable; y la tercera, en elegir el proyecto que se pondrá en marcha en caso de que haya varios. Teniendo en cuenta esto, se observaron las dificultades que los estudiantes del programa de Biología presentaron en cuanto al aprendizaje taxonómico de los animales invertebrados, lo cual permitió identificar la problemática asociada con la presente temática, la importancia y el efecto de esta. Asimismo, se determinó la viabilidad del proyecto debido a las necesidades de los estudiantes, la falta de recursos del programa y su aceptación en el mismo. Con esto, se dio paso a la definición de los requerimientos o necesidades para el desarrollo del sistema basado en conocimiento y la puesta en marcha del proyecto.

Fase de definición de los requerimientos del sistema

En esta parte se definen todos los requerimientos y necesidades de los estudiantes en relación con el proyecto. Para esto se sigue un orden de cinco etapas que consisten en: Análisis grueso y especificación, diseño y construcción, evaluación, modificación y término. De acuerdo con la primera etapa (**Análisis grueso y especificación, respectivamente**) se hizo un diseño básico del sistema basado en conocimiento para su posterior construcción.

El diseño de este sistema parte de la recolección de información que se encuentra disponible en bibliotecas virtuales, artículos y enciclopedias, relacionadas con los animales invertebrados y su clasificación, la cual es organizada en una red semántica que propicia su transcripción al lenguaje de programación lógica con el que se creó dicho SBC. La red no abarca todos los animales invertebrados en su totalidad debido a la gran cantidad que existen, pero sí contiene una cantidad considerable para el desarrollo del SBC.

En la segunda etapa (**Diseño y construcción**),

la cual consiste en la obtención de un prototipo inicial, se utilizó el editor de Swi-Prolog (<https://www.swi-prolog.org>), el cual procesa el lenguaje de programación lógica Prolog y con el que se creó la base de conocimiento del prototipo. La base de conocimiento está compuesta por hechos (o sentencias) y reglas que permiten la realización de consultas simples y especializadas asociadas a la taxonomía de los animales invertebrados (Figura 2 y 3).

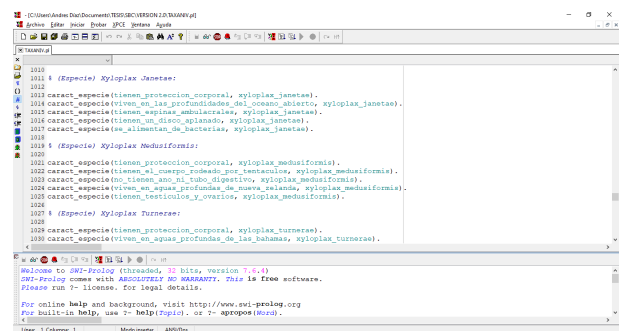


Figura 2. Base de conocimiento – Hechos.

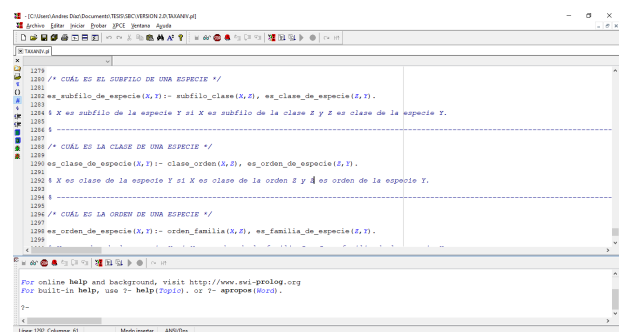


Figura 3. Base de conocimiento – Reglas.

Por otra parte, la tercera etapa (**Evaluación**) consiste en comprobar que el prototipo desarrollado cumpla con los requerimientos establecidos y, en caso de que no los cumpla, debe ser modificado hasta que los satisfaga todos. Teniendo en cuenta esto, se tomó como prototipo inicial del proyecto el SBC creado en la etapa anterior. Luego de esto, se verificó el funcionamiento del sistema teniendo en cuenta la definición de sus requerimientos de tal manera que, si los estudiantes encuentran fallas se realicen los cambios correspondientes a dicho prototipo para que sea estable, completo y de calidad.

En la quinta etapa (**Modificación**), como su nombre lo indica, se realizaron modificaciones al prototipo teniendo en cuenta los requerimientos de

este, por lo que se construyeron dos versiones del SBC. Una primera versión en la que se utilizaron las características de los animales invertebrados para nombrar los hechos creados, pero que no fue muy claro a la hora de verificar su funcionamiento y la lógica de programación (ver figura 4), y otra segunda versión en la que se le dio un orden lógico teniendo en cuenta el paradigma de la programación lógica, con lo cual se obtuvo claridad en la construcción de los hechos y de las reglas del sistema (Figura 2).

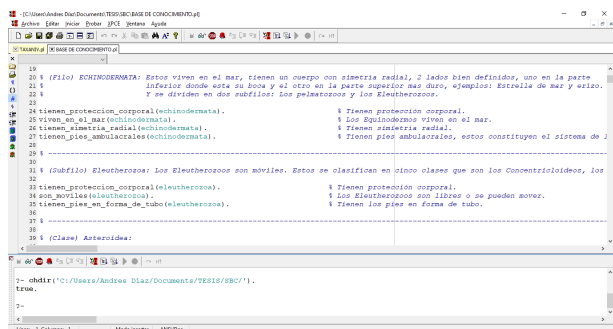


Figura 4. Versión 1 del SBC.

Finalmente, en una quinta etapa (Término), que consiste en atender aspectos de calidad del sistema una vez haya sido creado, se verificó que el prototipo fuera estable y de calidad, con lo cual se hicieron las validaciones con expertos y efectivamente el prototipo se encuentra funcionando correctamente, por lo que ejecuta cada una de las reglas asociadas a las consultas que fueron programadas.

Fase de diseño técnico

Esta fase consiste en el rediseño del prototipo para garantizar una mejor estabilidad y mantenimiento de este. Si bien, en una fase anterior solo se llevó a cabo un diseño básico, por lo que para este caso es necesaria la realización de un diseño técnico que consta de dos etapas fundamentales: la primera, en la que se elabora una documentación que incluye las especificaciones y descripciones de la estructura del software, las funciones, el control de flujo y las interfaces de usuario; y una segunda etapa en que se establecen los requerimientos del sistema para un mantenimiento futuro.

Fase de desarrollo y pruebas

En la fase anterior se logran identificar los cambios a realizar en el prototipo tras el diseño técnico del mismo, por lo que en esta fase se lleva a cabo la implementación y pruebas del actual diseño para garantizar que se ha corregido y completado conforme a los requerimientos establecidos. De esta manera se obtiene un sistema acorde a las necesidades de los usuarios y con un mejor rendimiento.

Fase de operación y mantenimiento

Finalmente se lleva a cabo la implementación final del sistema en el entorno del usuario, donde estará disponible para ser utilizado por la población correspondiente a su creación. Este proceso es de menor dificultad realizarlo, ya que anteriormente se han hecho pruebas con el prototipo, por lo que los usuarios estarán familiarizados con el funcionamiento del sistema. Cabe resaltar que, si es necesario, el sistema puede pasar por una fase de mantenimiento donde se realicen ajustes. Sin embargo, el mantenimiento se ve reducido debido al proceso de corrección de errores por el que pasó durante su desarrollo, por lo que es de menor importancia.

Verificación del Funcionamiento del SBC

Para la verificación del correcto funcionamiento, se hizo una serie de consultas para comprobar la solidez en las respuestas obtenidas por el sistema, dentro del conjunto de preguntas que el sistema tiene programado responder, se encuentran: ¿Cuál es la taxonomía de un animal invertebrado específico?, ¿a qué categoría taxonómica corresponde un animal invertebrado?, es decir, si corresponde a un filo, una clase, una orden, una familia, un género o una especie. Otra pregunta es, dentro de la categorización taxonómica, ¿qué grupos se identifican como filos, clases, órdenes, familias, géneros o especies? Y finalmente, ¿cuáles son las características de cada filo, clase, orden, familia, género y especie que se encuentran suministrados en la base de conocimiento? En

definitiva, la base de conocimiento está conformada por 667 hechos y 6 reglas, con las cuales se hicieron consultas simples y especializadas. Ver figura 5-a.

```
?- caract_especie(X,amphiodia_urtica).
X = tienen_proteccion_corporal ;
X = conocidos_como_estrellas_fragiles_excavadoras ;
X = son_fragiles ;
X = el_disco_central_es_pentagonal ;
X = tienen_apariencia_inflada ;
X = son_de_color_marron_grisaceo_o_marron_rojizo.

?- genero_especie(X,amphiodia_urtica).
X = amphiodia.

?- !
```

Figura 5-a. Consultas simples.

En la primera consulta que se observa en la imagen, se pregunta específicamente cuáles son las características de la especie animal invertebrada Amphiodia Urtica. La X que se observa en la construcción de la sentencia es la variable en la que se almacenarán los datos encontrados. Teniendo en cuenta esto, el motor de inferencia unificará la consulta realizada con la información que se encuentra en la base de conocimiento del SBC para dar una respuesta. Al realizar este proceso arroja como resultado que la especie Amphiodia Urtica tiene un cuerpo con protección corporal, que son conocidos como estrellas frágiles, que tienen el cuerpo frágil, y de esta manera continúa hasta llegar a la última característica encontrada que define a esta especie como de color marrón grisáceo o marrón rojizo.

En la segunda consulta simple se puede observar que se pregunta a qué género (dentro de la categorización taxon6mica) pertenece esta especie Amphiodia Urtica, y que los datos que encuentre los almacene en la variable X. Al realizar de igual manera el proceso de unificación por parte del motor de inferencia, el SBC arroja como respuesta que la especie pertenece al género Amphiodia. Y de esta manera se lleva a cabo la realización de las consultas simples.

Otro tipo de consulta simple que el sistema basado en conocimiento puede realizar, teniendo en cuenta el sistema taxon6mico animal, es la siguiente:

```
?- ex_clase(X).
X = Concentricycloidea ;
X = Heterostrodoidea ;
X = Echinozoidea ;
X = Opalinozoidea ;
X = Asterozoidea.

?- !
```

Figura 5-b. Consultas simples.

Este tipo de consulta que se observa en la Figura 5-b es una consulta bastante general y concreta, ya que solo se pregunta qué taxones se identifiquen como clase dentro del sistema taxon6mico de los animales invertebrados. Una vez el motor de inferencia ha realizado el proceso de razonamiento por el cual unifica la consulta realizada con la informaci6n suministrada en la base de conocimiento, arroja como respuesta los taxones que se ubican como clase dentro de la categorizaci6n taxon6mica. Y de esta manera, se pueden identificar los dem4s taxones que corresponden a la jerarquía taxon6mica de los animales invertebrados, siempre y cuando, éstos se encuentren dentro de la base de conocimiento.

Por otro lado, con respecto a las consultas especializadas, éstas consisten en reglas que condicionan una acci6n para dar una respuesta a una pregunta hecha por el usuario del SBC. Ver figura 6-a.

```
?- ex_clase_de_especie(X,xyloplax_janetae).
X = concentricycloidea.

?- taxonomia(xyloplax_janetae,A,B,C,D,E,F).
A = echinozoidea.
B = heterostrodoidea.
C = concentricycloidea.
D = psalidodoidea.
E = xyloplacoidea.
F = xyloplax.

?- !
```

Figura 6-a. Consultas especializadas.

En la primera consulta que se realiza se quiere saber cuál es la clase a la que pertenece la especie animal invertebrada *Xyloplax Janetae*, con lo cual el SBC da como respuesta que pertenece a la clase llamada *Concentricycloidea*. Y la segunda consulta consiste en identificar la taxonomía de esta misma especie teniendo en cuenta el sistema taxon6mico, donde cada letra (A,B,C,D,E,F) son las variables que almacenarán la informaci6n concerniente a ello. Así, la variable A almacena el filo, la variable B almacena el subfilo, la variable C almacena la clase, y así sucesivamente hasta llegar al género, el cual es contenido en la variable F. La conclusi6n a la que llega el SBC, con relaci6n a las consultas especializadas, parte de la informaci6n que se encuentra suministrada en la base de conocimiento, la cual consiste en una serie de reglas compuestas por hechos o sentencias que le permiten realizar un proceso de razonamiento y dar una respuesta que se puede apreciar a trav4s de la interfaz de usuario. De esta manera, se

puede conocer la taxonomía de un animal invertebrado iniciando desde el taxón más incluyente, que en este caso es el filo, hasta el menos incluyente (especie). Por lo tanto, se puede establecer que el sistema propuesto, permite una mayor comprensión de los procesos taxonómicos a través de consultas simples y especializadas.

Otro tipo de consulta especializada que se puede realizar es la que se observa en la Figura 6-b.

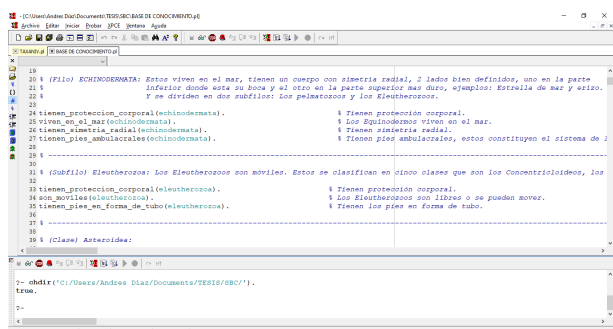


Figura 6-b. Consultas especializadas.

En esta consulta se quiere conocer cuál es el filo al que corresponde la especie *Anapta Gracilis*. El sistema basado en conocimiento automáticamente verifica la consulta y muestra como respuesta el dato que se cargó en la variable X, el cual es el nombre del filo al que pertenece la especie mencionada anteriormente. El filo encontrado es Echinodermata, el cual concuerda con la información suministrada en la base de conocimiento y que satisface a la pregunta realizada. En términos generales, el prototipo funcional responde de manera satisfactoria a 60 consultas básicas y 25 consultas especializadas lo que permite una formalización básica de la taxonomía de los animales invertebrados en un lenguaje de programación lógica, esta validación se hizo con profesores expertos en el área de la biología, por tanto la utilización de este tipo de software en ambientes de formación donde se adopten estrategias didácticas mediadas con tecnología, posibilita una mejor comprensión de la temática en cuestión.

Conclusiones

El uso de la metodología de desarrollo de prototipos evolutivos permite la creación y validación

de los SBC de manera óptima. Además, posibilita la implementación de un sistema de manera parcial y éste puede ser construido rápidamente a través de una serie de fases que se encuentran organizadas de manera secuencial, lo que permite una mayor fluidez en el desarrollo y verificación de las funcionalidades del sistema basado en conocimiento para hacer los ajustes o cambios correspondientes teniendo en cuenta los requerimientos definidos.

El prototipo funcional desarrollado, cumple con los requerimientos básicos enmarcados inicialmente, los cuales corresponden a poder hacer consultas básicas y especializadas, a las cuales el SBC responde de manera coherente y acertada.

Para una segunda fase de prototipado evolutivo, se pretende desarrollar una interfaz mucho más amigable con el usuario, donde las consultas puedan ser ejecutadas utilizando opciones de texto sugeridas, así como imágenes alusivas al tema, facilitando así la comunicación entre usuario y SBC.

Los sistemas basados en conocimiento son herramientas versátiles de gran utilidad para solucionar problemas complejos en un área determinada como en el caso de la biología para la taxonomía de los animales invertebrados, para ello se hace indispensable que en versiones futuras del prototipo funcional, se incremente la base de conocimiento con más hechos y reglas con el ánimo de abarcar la mayor cantidad de especies posibles y su taxonomía particular.

La adopción de este tipo aplicaciones computacionales en contextos de formación, en conjunto con una serie de estrategias didácticas coherentes con las mediaciones tecnológicas, favorecen la comprensión de la taxonomía de los animales invertebrados, ya que se adoptan mecanismos asociados a consultas similares a las utilizadas en el lenguaje natural, lo que ayuda en la comprensión de jerarquías, clases y características que se establecen en el reino animal para su estudio.

Referencias Bibliográficas

Antoni, J., Oliveros, C., & Doménech, J. (2017). Diseño y evaluación de una actividad de transferencia entre contextos para aprender las claves dicotómicas y la clasificación de los seres vivos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las*

Ciencias. Vol. 16, Nº 2, 362-384.

González, P., Rodríguez, L. (s.f.). Sistema Experto: Clasificación de animales según su taxonomía. Leganés, Madrid.

Hernández Bautista, R. (2017). Prototipo canvas versión 11 (Proyecto de investigación). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, México.

Intriago, D. (2018). Análisis de sistemas basados en conocimiento. (Trabajo de grado). Universidad Estatal de Milagro, Ecuador.

Karla, M., Lugo, L., Matilde, M., & Duffus, A. (Marzo de 2020). Aplicación inteligente para el diagnóstico preventivo y correctivo de calderas. V Conferencia Internacional en Ciencias Computacionales e Informáticas CICCI2020. La Habana, Cuba.

Mamani, E., Ibarra, M., & Ordoñez, E. (2019). Propuesta de un enfoque para el desarrollo de software educativo intercultural. Simposio Internacional en Innovación y Tecnología. Perú.

Martínez, A. (Última edición: 20 de abril del 2020). Definición de Taxonomía. Recuperado de: <https://conceptodefinicion.de/taxonomia/>

Pachamora, D. (2019). Sistemas expertos: una opción de solución confiable (Trabajo de investigación para grado de bachiller). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.

Patiño, P. A. (2018). Enseñanza y Aprendizaje del concepto de clasificación taxonómica de los seres vivos a partir de la indagación de conceptos previos en grado sexto (Tesis inédita de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.

Pereira, V. C., Tapia, A. C. V., & Medina, A. M. C. (2020). La integración de los nuevos sistemas de ingresos de la televisión por internet: Fundamentación teórica para el desarrollo de un sistema basado en conocimiento. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*, 96-108. Recuperado de: <https://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2113/docview/2385373860?accountid=137088>

Segreto, T. (2016). Knowledge-Based System. In: *The International Academy for Production Engineering*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35950-7_6557-4

Pachés, M. (s.f.). Sistema de clasificación de los seres vivos. Universidad Politécnica de Valencia.

Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software: Un enfoque práctico* (7a. ed.). Madrid: McGraw-Hill Interamericana.

Proaño, R., Saguay, C., Jácome, S., & Sandoval, F. (2017). Sistemas basados en conocimiento como herramienta de ayuda en la auditoría de sistemas de información. *REDALYC.ORG*, pp. 148-159. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.122>

Ramírez Reinoso, O. V. (2016). La indagación como estrategia didáctica para el aprendizaje de zoología de los invertebrados para los estudiantes de quinto semestre de la carrera de Biología Química y Laboratorio período septiembre 2014-marzo 2015 (Bachelor's thesis, Riobamba, UNACH 2016).

Torres Soler, L. C., & Garzón Torres, N. M. (2018). *Bases de conocimiento con Prolog*. Editorial Universal Autónoma

de Colombia.

Wattanagul, N., & Limpiyakorn, Y. (2016, May). Automated documentation for rapid prototyping. In *2016 International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Application (ICIMSA)* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIMSA.2016.7503998>