

Método Commonkads para el Desarrollo de un Sistema Experto en Ambiente Web para la Identificación de Especies de Insectos Acuáticos

Vanessa FERNÁNDEZ*, Argenis ROJAS*, Esmeralda RAMOS*, Haydemar NÚÑEZ*,
Marcel CASTRO*, Claudia CRESSA**

*Laboratorio de Inteligencia Artificial
Centro de Ingeniería de Software y Sistemas
Escuela de Computación. Universidad Central de Venezuela
Caracas, Venezuela

**Laboratorio de Ecología de Sistemas Acuáticos Continentales
Escuela de Biología. Universidad Central de Venezuela
Caracas, Venezuela

E-mail: vanessa@interamerican.com.ve, argenis.rojas@gmail.com, eramos@kuaimare.ciens.ucv.ve,
hnunez@ciens.ucv.ve, mjcg_ve@yahoo.com, ccressa@ciens.ucv.ve

RESUMEN

En este trabajo se presenta un Sistema Experto (SE), que permite identificar especies de insectos acuáticos del Orden Plecóptera, Género Anacroneuria, a partir de características morfológicas. El SE cuenta con la funcionalidad de orientar a los usuarios durante el proceso de identificación, tal como si se tratara de un experto del área. La orientación consiste en el suministro de información como características seleccionadas, posibles errores y especies que poseen las características que se han seleccionado hasta el momento. El conocimiento usado para emitir las orientaciones y finalmente hacer una identificación, es una combinación de reglas de producción y patrones de identificación, contruidos a partir del conocimiento fundamental del área y de experiencia, adquirido a través de entrevistas con los expertos, análisis de protocolos, recolección de ejemplares en ríos, y observación. El SE ofrece además una Guía Práctica de Consulta a través de la cual el usuario obtiene información adicional relacionada con los insectos acuáticos, descripciones, imágenes e ilustraciones de las especies, distribución geográfica, importancia y un glosario de términos. El sistema puede ser utilizado por usuarios con o sin experiencia en el dominio y también con propósitos de entrenamiento y educación. El diseño y desarrollo del SE se llevó a cabo utilizando el método CommonKADS, con una interfaz orientada a la Web.

Palabras Claves: Sistemas expertos, método commonKADS, insectos acuáticos, orden plecóptera.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las actividades más importantes que realizan los expertos en sistemas acuáticos del Laboratorio de Sistemas Acuáticos Continentales de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, es analizar la composición de las comunidades de macroinvertebrados en ríos, principalmente las pertenecientes al Orden Plecóptera. La razón es que estos insectos presentan una alta sensibilidad a los cambios ambientales, por lo que se utilizan como indicadores de ríos poco contaminados [1]. El proceso de identificación de estas especies está limitado por una serie de factores, entre los que destacan la falta de literatura de la fauna acuática de los trópicos y la carencia

de expertos en el área. Los expertos en este dominio tienen la necesidad de clasificar el conocimiento que manipulan, de almacenarlo de manera adecuada, de mantenerlo actualizado en el tiempo y hacerlo disponible (como si fuesen ellos mismos quienes lo estuvieran transmitiendo) a los usuarios que así lo requieran. La solución que se propone para solventar estas limitantes es el desarrollo de un Sistema Experto (SE) [4], [6], [7], que permita la identificación de especies de Insectos Acuáticos del Orden Plecóptera. El SE ofrecerá a los usuarios asistencia, similar a la proporcionada por un experto, durante el proceso de identificación de especies [10]. Como complemento al conocimiento proporcionado por el sistema, se incluye una Guía Práctica de Consulta a través de la cual se obtiene información adicional relacionada al mundo de los insectos acuáticos, tales como descripciones, imágenes, ilustraciones, ubicaciones geográficas de las especies, entre otros.

Este artículo se ha organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 se presenta el marco teórico que abarca los aspectos más importantes sobre el método CommonKADS utilizado para el diseño y desarrollo del SE, y una breve descripción de los insectos acuáticos, Orden Plecóptera. En la Sección 3 se muestran los resultados obtenidos en el desarrollo del sistema con el método CommonKADS. En la Sección 4 se describen las características principales de la interfaz Web desarrollada. Finalmente, se presentan las conclusiones alcanzadas y trabajos futuros.

2. MARCO TEÓRICO

A continuación se presentan los fundamentos teóricos, en los cuales se basa este trabajo.

2.1 Método CommonKADS

CommonKADS [11], [2] es un método que se aplica para el análisis y la construcción de Sistemas Basados en Conocimiento. Este método está orientado hacia la realización de actividades de modelado, donde se desarrollan un conjunto de modelos que permiten expresar diferentes perspectivas de la situación que se está analizando; actividades de administración del proyecto donde a los modelos se le asocian estados con los cuales se lleva a cabo la gestión del proyecto, y actividades de reutilización donde se pretende mejorar la productividad en

el desarrollo de los Sistemas Basados en Conocimiento. Los modelos que conforman el método son: Organización, Tarea, Agente, Conocimiento, Comunicación y Diseño [5]. El modelo de conocimiento es de especial interés en este trabajo ya que permitió especificar el conocimiento de experticia requerido para emular la capacidad de orientar y guiar de los expertos del dominio. La aplicación del método en el análisis y construcción del sistema propuesto, se muestra en la Sección 3.

2.2. Caso de Estudio: Insectos Acuáticos. Orden Plecóptera

Un insecto se define como: "Clase de invertebrados artrópodos, que se caracterizan por poseer seis patas, dos pares de alas y el cuerpo dividido en tres regiones diferenciadas en cabeza, tórax y abdomen" [8]. Los insectos son invertebrados de gran importancia tanto en sistemas acuáticos como terrestres por la variedad de funciones que realizan, entre las cuáles resalta la transferencia de energía. Especialmente en los ríos constituyen el principal componente de la macrofauna béntica, caracterizándose por su gran diversidad. Los insectos pertenecientes al Orden Plecóptera son también llamados moscas de las piedras *stoneflies*, y constituyen uno de los principales componentes de la fauna acuática de los ríos. La importancia en el estudio de los plecópteras radica en que estos organismos sólo viven en cursos fluviales donde las aguas no están contaminadas (aguas limpias), presentando una elevada sensibilidad a los cambios físico-químicos del agua, por lo que han sido utilizados como indicadores biológicos de la calidad de los ríos. La identificación de la mayoría de las especies neotropicales pertenecientes al Orden Plecóptera, se debe a los recientes trabajos de Stark [8]. Hasta el momento, sólo se han reportado tres géneros para Venezuela (*Anacroneuria*, *Enderleina* y *Macrogynoplax*), de los cuáles el género *Anacroneuria* es, sin lugar a dudas, el más abundante y diverso (30 especies en total) [8], [1], [3]. La identificación de las especies se realiza aplicando claves dicotómicas, elaboradas por los expertos y que están constituidas por preguntas relacionadas con la morfología de los ejemplares.

3. APLICACIÓN DE COMMONKADS

En el análisis y construcción del SE que se presenta, se utilizó el método CommonKads [11], [2]. La principal razón de esta selección, es que esta metodología gira alrededor del modelo de experiencia y está pensada para desarrollar sistemas basados en conocimiento que interactúen con el usuario de manera directa. Además, es posible alcanzar un alto nivel de detalle en la descripción y es consecuente con el proceso de desarrollo de software. A continuación se muestran los resultados obtenidos al desarrollar los modelos de Organización, Tareas, Agentes, Conocimiento y Diseño, considerados como los más relevantes para efectos de este trabajo.

Modelo de Organización

Este modelo permite realizar el análisis de la organización donde se introducirá el SE. En este caso se identifican los problemas, oportunidades y demás aspectos relacionados con el entorno organizativo del Laboratorio de Sistemas Acuáticos Continentales.

Modelo de Tareas

Este modelo muestra las tareas que serán realizadas en el entorno organizativo en que se propone instalar el SE. Además proporciona el marco para su distribución entre los agentes (considerando que estos pueden ser humanos o de software). El modelo facilita el análisis de las tareas y la forma en que éstas se relacionan. Se utilizó la técnica IDEF0 [9] para especificar, formalizar y visualizar las tareas (ver Figura 1) y las hojas de trabajo TM-1 [11], para mostrar la descripción de las mismas.

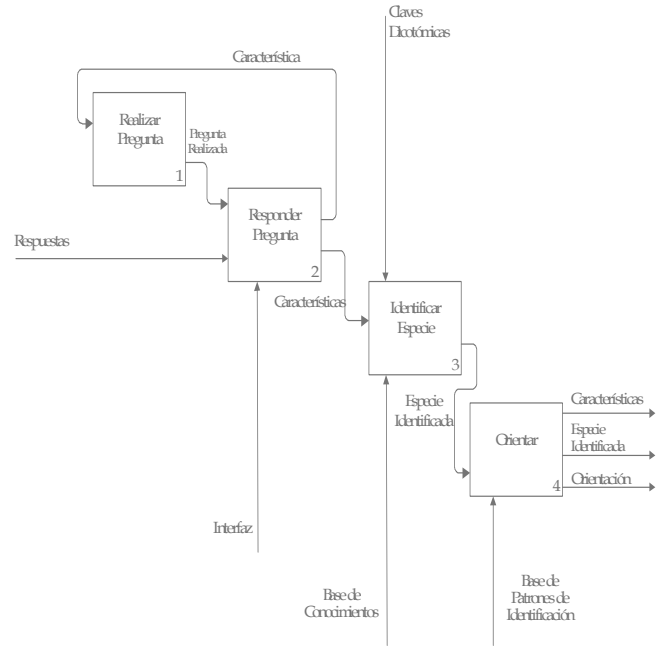


Figura 1. Descripción de tareas utilizando IDEF0 [9]

Modelo de Agentes

En este modelo se describen las competencias, características y restricciones de los agentes, la descripción se hace en base a las hojas de trabajo AM-1 [11].

Modelo de Conocimiento

El propósito de este modelo es describir el conocimiento que posee el sistema experto y que es relevante para la consecución de las tareas. Los componentes principales en el desarrollo de este modelo se muestran a continuación:

a) Identificación del Conocimiento

Como se mencionó en la Sección 2.2, la identificación de especies se lleva a cabo a través de la verificación de las características morfológicas de los ejemplares, utilizando claves dicotómicas. Estas claves, en su mayoría son parciales; es decir, sólo permiten la identificación de algunos grupos de especies del género *Anacroneuria*. Mediante la aplicación de diferentes técnicas de adquisición de conocimiento tales como, entrevistas estructuradas, análisis de protocolos, recolección y observación de ejemplares, se logró identificar y construir el conjunto de características discriminantes (claves dicotómicas) que son utilizadas por los expertos para identificar la totalidad de las especies del género *Anacroneuria* del Orden Plecóptera. En la Tabla 1 se muestra una vista parcial de la formalización de la clave de identificación para las 30 especies del género.

Claves para las especies del Género <i>Anacroneuria</i> (Machos adultos)		
Clave	Características	Clave/Género
1	Las bandas de las alas son de color ámbar o marrón oscuro.	2
	Alas de color variable pero sin bandas.	3
2	Pigmentos oscuros separados en bandas basales, media y apicales.	<i>A. bifasciata</i>
	Pigmentos oscuros forman una banda estrecha longitudinal desde la base hasta la cuerda	<i>A. paria</i>
3	Longitud del ala anterior mayor de 13,5 mm.	4
	Longitud del ala anterior menor de 135 mm.	11
.....		
28	Lóbulos laterales del ápice del aedeago casi sin proyección	<i>A. menuda</i>
	Lóbulos laterales del ápice del aedeago claramente proyectados.	29
29	Alas con una mancha grande y clara mas allá de la cuerda y con	<i>A. vistosa</i>
	Alas uniformemente pigmentadas.	<i>A. pinza</i>

Tabla 1. Clave -parcial- para la identificación de especies

Esta clave funciona de la siguiente manera: Si la respuesta a la primera pregunta de la clave 1; “¿Las bandas de las alas son de color ámbar o marrón oscuro?” es afirmativa, entonces se deben examinar las preguntas de la clave 2, en caso contrario responder la segunda pregunta de la clave 1: “¿Alas de color variable pero sin bandas?”. De ser afirmativa la respuesta entonces pasar a las preguntas de la clave 3. En el chequeo de las preguntas de la clave 2, si es afirmativa la respuesta a “¿Pigmentos oscuros separados en bandas basales, media y apicales?” entonces se alcanza la identificación de la especie *Anacroneuria bifasciata*, si es negativa se identifica la especie *Anacroneuria paria*. Así, sucesivamente se va examinando el resto de las claves hasta que se alcance una identificación.

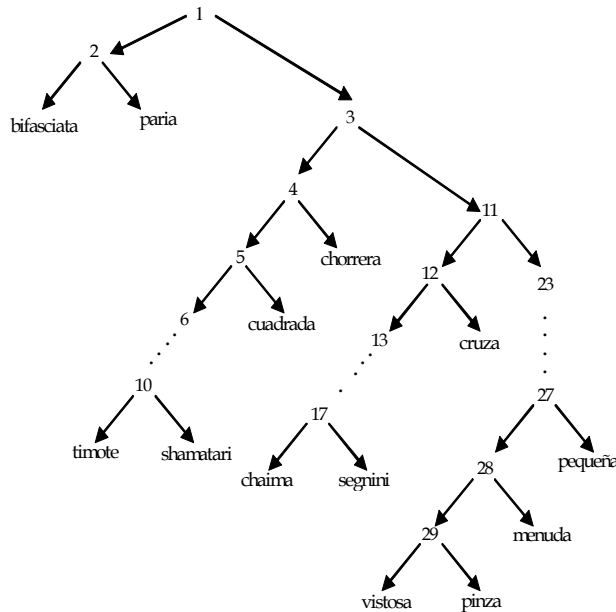


Figura 2. Árbol -parcial- de Identificación

Adicionalmente, y como producto de observar a diferentes grupos de usuarios (expertos e inexpertos), fue posible establecer y formalizar el esquema cognitivo utilizado por cada grupo para alcanzar identificaciones de especies. Los usuarios sin experiencia (por lo general estudiantes de la carrera de Biología), recorrían toda la clave hasta alcanzar una especie; en cambio, los expertos realizaban la identificación utilizando un esquema cognitivo basado en una estructura de árbol, tal como se muestra en la Figura 2, (donde los nodos representan una clave y las hojas corresponden a las especies), y sobre la cual examinaban sólo un grupo específico de características representativas por especies. A partir de este hallazgo, se consideró entonces construir estructuras que fuesen capaces de representar y almacenar el esquema cognitivo usado por los expertos para la identificación, estas estructuras se denominaron patrones de identificación. Para cada especie del género *Anacroneuria* se formalizaron los patrones de identificación en una estructura matricial, similar a la mostrada en la Tabla 2.

Especie	Claves					
	1	2	3	4	29	
<i>bifasciata</i>	1	1	2	2	.	
<i>paria</i>	1	0	2	2	.	
<i>timote</i>	0	2	1	1	.	
<i>shamatari</i>	0	2	1	1	.	
<i>paleta</i>	0	2	1	1	.	
<i>fenestrata</i>	0	2	1	1	.	
<i>muesca</i>	0	2	1	1	.	
<i>arcuata</i>	0	2	1	1	.	
<i>cuadrada</i>	0	2	1	1	.	.

Ejemplo del patrón de identificación para la especie *arcuata*

0	2	1	1
---	---	---	---	-------

↑ Característica morfológica verificada con la clave 4, está presente, se codifica un 1

↑ Característica morfológica verificada con la clave 3, está presente, se codifica un 1

↑ Característica morfológica verificada con la clave 2, no es tomada en consideración para la identificación, se codifica un 2

↑ Característica morfológica verificada con la clave 1, no está presente, se codifica un 0.

Tabla 2. Patrones de Identificación para los géneros de *Anacroneuria* (parcial)

Cada fila de la estructura matricial que se muestra en la Tabla 2 representa un patrón de identificación, compuesto por el nombre de la especie y una entrada para cada una de las características morfológicas posibles. Cada componente de este arreglo puede tomar uno de tres valores, a saber:

- 0, cuando la especie no presenta la característica o se da el caso de llegar a la identificación de la especie.
- 1, cuando la especie presenta la característica.
- 2, cuando esa característica no es tomada en cuenta para la identificación de la especie.

De esta forma, los patrones de identificación están fundamentados en las características presentes en la especie y que permiten una identificación de manera unívoca.

b) Especificación del Conocimiento

La especificación del conocimiento abarca fundamentalmente su adquisición, organización y representación. Una vez adquirido de manera adecuada, éste se organizó considerando para cada una de las especies; nombre, descripción, origen y ubicación. Seguidamente, se representó el conocimiento mediante un modelo conceptual y se especificó la estructura de la base de conocimiento. Para describir los conceptos del dominio se utilizó el Lenguaje de Modelo Conceptual (CML) [11], se identificaron los siguientes conceptos (Ver Figura 3):

Orientación/Identificación: contiene los métodos que ejecuta el SE para efectuar un proceso de identificación satisfactorio.

Sesión: este concepto permite el uso de todas las clases dentro del sistema.

Interfaz: permite, de manera transparente, la interacción entre el usuario y los demás componentes del sistema.

Claves: concepto que tiene como atributos, las claves que permiten establecer las características de la especie a identificar.

Especie: posee todos los atributos que identifican de manera unívoca una especie en particular.

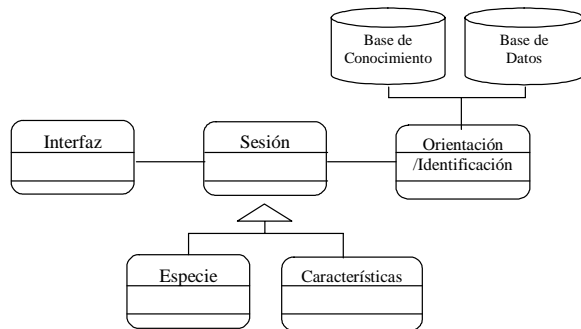


Figura 3. Modelo de Conceptos

La representación de los conceptos identificados utilizando la sintaxis UML-CML se muestra en la Tabla 3.

Las relaciones que se establecen entre los conceptos del dominio, la base de conocimiento y el usuario, se muestran en la Figura 4. Las acciones realizadas por cada uno de los conceptos involucrados se detallan a continuación:

El **Concepto Interfaz** es el encargado de capturar las percepciones desde el ambiente (características de las especies proporcionadas por el usuario) para luego entregarlas al concepto Orientación/Identificación.

El **Concepto Orientación/Identificación** procesa las percepciones mediante la ejecución de sus métodos (los cuales constituyen el mecanismo de inferencia del sistema), en este orden:

- El método *Act_Estado* crea un vector de percepciones con el cual actualiza el concepto Claves.
- El método *Regla_Coincidencia* usa el concepto Claves, para evaluar coincidencias en el conjunto de patrones de identificación de la BC. Si la evaluación es exitosa (encuentra un patrón que coincida con el concepto), se actualiza el concepto Especie y se informa al usuario la identificación alcanzada, en caso contrario se ejecuta el método *Regla_Acción*.
- El método *Regla_Acción* se encarga de proporcionar al usuario las sugerencias necesarias para que continúe con el proceso de identificación, le indica, por ejemplo,

características que han sido seleccionadas, qué subconjunto de especies cumplen con esas características, qué características debería considerar chequear a partir de las ya seleccionadas, para así garantizar la identificación de una especie de manera exitosa y simplificada.

La base de conocimiento de la Figura 4, esta constituida por reglas de producción y patrones de identificación como los mostrados en la Tabla 2.

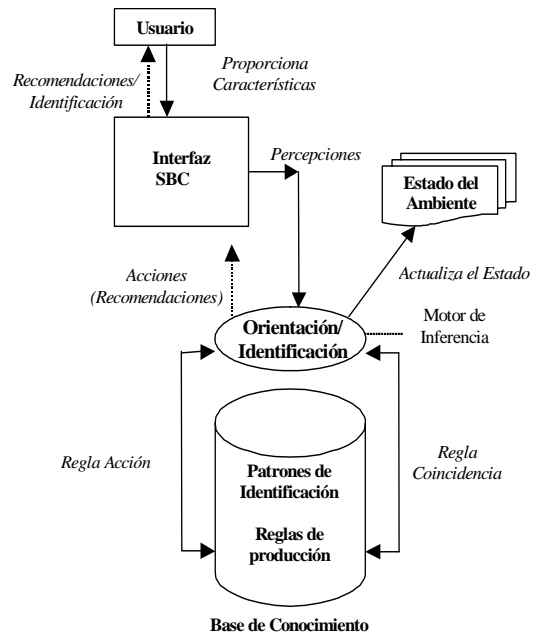


Figura 4. Interacciones de los componentes del sistema experto

Modelo de Diseño

El modelo de diseño permite especificar la arquitectura del SE, la plataforma de implantación y los requerimientos para su construcción. El SE fue desarrollado para plataformas PC, bajo Sistema Operativo Windows NT/2000/XP en ambiente Web. Para el diseño y desarrollo de la interfaz se utilizó Macromedia Dreamweaver MX 2004. El sistema fue implementado en PHP, lenguaje de programación *open source* interpretado de alto nivel integrado en páginas HTML y ejecutado en el servidor. La implementación de la Base de Datos se hizo en MySQL v4.0.

4. INTERFAZ DEL AGENTE

El diseño de la interfaz está centrado en el usuario, ya que estos pueden poseer diferentes habilidades (formación o no en el dominio de aplicación, pero con conocimiento fundamental del mismo). Se consideró el perfil de las tareas y los modelos conceptuales de los usuarios, para así lograr que el sistema se comporte de manera similar a cómo estos realizan normalmente el proceso de identificación.

El SE inicia el proceso de identificación de especies mostrando al usuario una serie de preguntas con el fin de obtener las características de las especies. En la Figura 5, se muestran los elementos que constituyen el Módulo de Identificación del SE, los cuales se describen a continuación:

<p>CONCEPT Claves; /*Características asociadas a las preguntas realizadas en el proceso de identificación*/ ATTRIBUTES: color: String; /* Color de las alas*/ pigme: String; /*Pigmentos en las alas*/ longala: String; /*Longitud de las alas */ aede: String; /*Aedeago*/ END CONCEPT Claves;</p>	<p>CONCEPT Especie; /* Corresponde a la información que se muestra al concluir el proceso de identificación */ ATTRIBUTES: Orden:String; Genero:String; Especie:String; END CONCEPT Especie;</p>
<p>CONCEPT Sesión; ATTRIBUTES: /* Este concepto no tiene atributos*/ END CONCEPT Sesión;</p>	<p>CONCEPT Interfaz; ATTRIBUTES: /* Este concepto no tiene atributos*/ END CONCEPT Interfaz;</p>
<p>CONCEPT Orientación/Identificación; ATTRIBUTES: /* Este concepto no tiene atributos solo métodos*/ METHODS <i>Act_Estado</i> /* Actualiza el estado del sistema, toma la información del ambiente para actualizar el conjunto de características seleccionadas por el Usuario. */ <i>Regla_Coincidencia</i> /* Busca en la base de conocimiento (conjunto de patrones), la especie que cumple con las características indicadas por el usuario.*/ <i>Regla_Acción</i> /*Proporciona sugerencias al usuario para que complete el proceso de forma satisfactoria. Señala características que han sido seleccionadas, muestra el sub-conjunto de especies que poseen estas características y decide la próxima página que debe mostrarse al usuario */ END CONCEPT Orientación/Identificación;</p>	

Tabla 3. Descripción de Conceptos utilizando sintaxis UML-CML.

1. Permite al usuario seleccionar, entre varias alternativas, las características de la(s) especie(s) a identificar como por ejemplo: cantidad de ocelos, color de las bandas de las alas, presencia de martillo, longitud de las alas anteriores, entre otras.
2. Botón que permite continuar el proceso de identificación. Se activa una vez realizada la selección de alguna de las características mostradas en la pregunta.
3. Botón que permite cancelar el proceso de identificación
4. En esta ventana se muestran las características que han sido seleccionadas por el usuario en cada una de las preguntas que ha realizado el sistema, una vez pulsado el botón Continuar.
5. Muestra el sub-conjunto de especies que cumplen con las características seleccionadas una vez pulsado el botón Continuar.

Es importante destacar que dadas las características de la interfaz desarrollada, tipo asistente (*wizard*), que guía y orienta al usuario mediante el suministro de información relativa a la identificación que está realizando, ésta permite que el proceso sea llevado a cabo de manera adecuada y simple.

5. VALIDACION DEL SISTEMA EXPERTO

El sistema experto se validó y verificó utilizando especies de insectos disponibles en el Laboratorio y recolectadas en ríos de Parques Nacionales. El procedimiento utilizado fue el siguiente: el experto identificó las especies recolectadas, seguidamente las características de estas especies fueron introducidas al sistema, y éste emitió una identificación, la cual en todos los casos, coincidió con la opinión emitida por el experto.

6. CONCLUSIONES

El sistema experto implantado permite identificar las 30 especies de insectos acuáticos del orden Plecóptera, género Anacroneuria. El sistema orienta a los usuarios durante el proceso de identificación de manera similar a como lo haría un experto. Esta orientación se traduce en mostrar al usuario las características seleccionadas en cada etapa del proceso de identificación, posibles errores, así como las especies que cumplen con el patrón de características seleccionado.

El uso de CommonKads para analizar y desarrollar el sistema experto, facilitó el modelado del conocimiento mediante las hojas de trabajo. Cabe destacar que la utilización del método permitió capturar los principales rasgos del sistema dentro del entorno de aplicación, además de la facilidad que brindó en la estructuración y gestión del mismo.

La solución implantada es portable a diversas plataformas tecnológicas y acepta la incorporación de nuevas funcionalidades. Con ligeros cambios se pueden agregar reglas a la base de conocimiento, sin interferir con las ya existentes. Esta característica de diseño facilita la incorporación de nuevo conocimiento para la identificación de especies de otros géneros de insectos acuáticos.

El SE es utilizado como apoyo y referencia en la identificación de especies por usuarios con o sin experiencia, por profesionales de la biología en proceso de entrenamiento y por estudiantes. El sistema es de dominio público y puede ser accedido a través del URL <http://lia.ciens.ucv.ve/~plecoptera>.

La experiencia adquirida durante el desarrollo del sistema presentado, evidenció la complejidad del conocimiento empleado en este dominio, la diversidad del vocabulario utilizado, entre otros aspectos, lo cual dificulta la

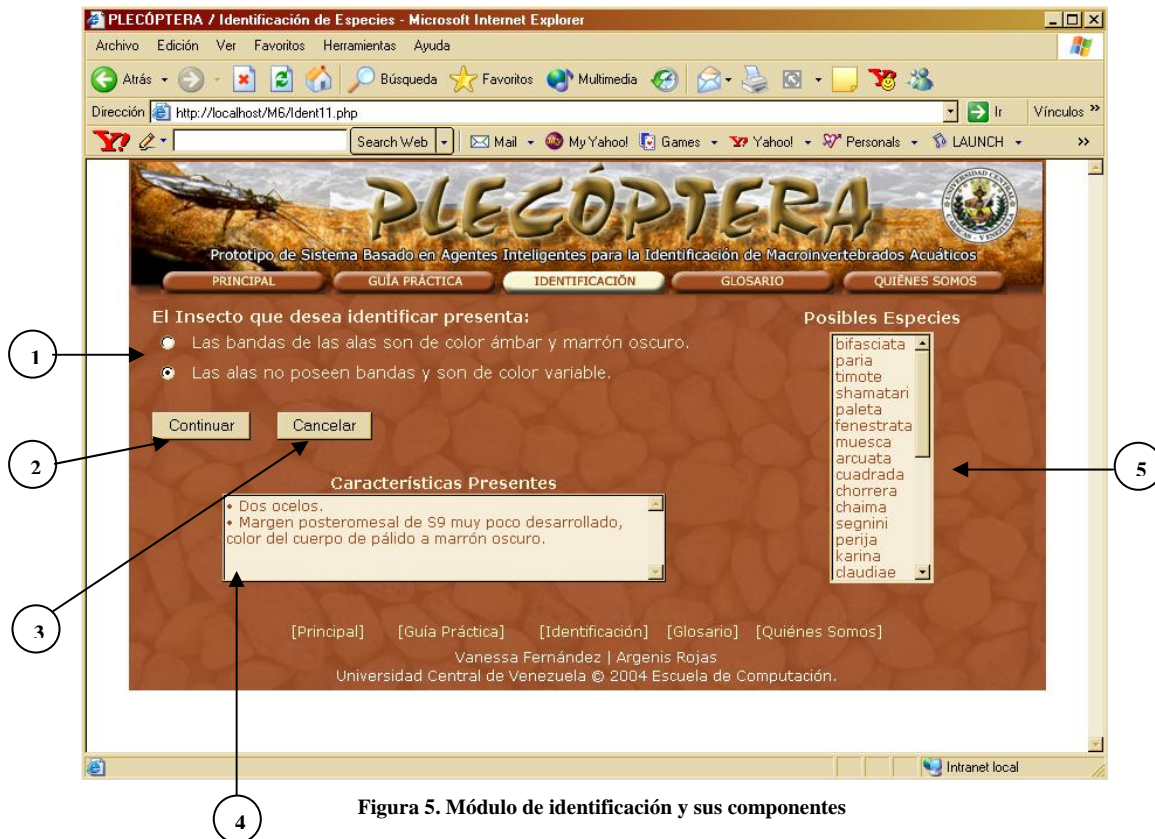


Figura 5. Módulo de identificación y sus componentes

identificación de las especies. Con la finalidad de representar, organizar, formalizar, estandarizar y compartir este conocimiento, se está desarrollando en la actualidad una ontología, la cual estará disponible vía Web a la comunidad interesada.

Agradecimientos

La realización de este trabajo no hubiese sido posible sin el apoyo y financiamiento otorgado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (C.D.C.H.) de la Universidad Central de Venezuela. PG- 03-13-5405-2004.

Referencias

[1] Aguilera, M., Azocar, A. y González, E. Biodiversidad en Venezuela. Fundación Polar. (2003).
 [2] Alonso B, Amparo., Guijarro, Bertha., Lozano, Adolfo., Rodríguez, Abraham., Palma M, José. Ingeniería del conocimiento: Aspectos Metodológicos. Pearson Educación S.A. ISBN: 84-205-4192-3. (2004).
 [3] Dominguez, E. Molineri, C. Pescador, ML. Hubbard, MD. Nieto, C. Ephemeroptera of South America, Aquatic Biodiversity of Latin America (ABLA Series) No 2. (2006).
 [4] Giarratano, Joseph. And Riley Gary. Expert Systems: Principles and Programming. 4ª Edition. International Thomsom Publishing Company. (2004).
 [5] Iglesias, C. Definición de una metodología para el desarrollo de Sistemas Multi-Agente. Tesis doctoral.

Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos, Universidad Politécnica de Madrid. (1998).
 [6] Jackson, P. Introduction to Expert Systems. Addison-Wesley. 3ª Edición. (1999).
 [7] Kaloudis S, Anastopoulos D, Yialounis C, Lorentzos N and Sideridis A. Insect Identification Expert Systems for Forest Protection. Expert Systems with Applications. Vol 28. Nº 3. April. pp: 445-452. (2005).
 [8] Maldonado, V., Stark, B. and Cressa, C. Descriptions and Records of Anacroneria from Venezuela (Plecóptera: Perlidae). Aquatic Insects. Vol-24, Nº 3. pp 219-236. (2002).
 [9] National Institute of Standard and Technology. Integration Definition for Functional Modeling (IDEFO). Federal Information Process Publication, U.S.A. (1993).
 [10] Ramos E, Páez F, Lechiguero C, Díaz D y Núñez H. Agente Inteligente con Interfaz Web para la Identificación de Especies de Gramíneas. I Congreso Español de Informática. Simposio de Inteligencia Computacional SICO 2005 (IEEE Computational Intelligence Society, SC). ISBN: 84-9732-444-7. Granada España. pp: 439-446. (2005).
 [11] Schreiber, G. Knowledge Engineering and Management. The CommonKADS Methodology. The MIT Press, USA. (2002).