

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
POSTGRADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**



**“SISTEMA BASADO EN ONTOLOGÍAS PARA APOYAR LA
IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES Y GÉNEROS DE LA FAMILIA
CORDULIIDAE, SUBORDEN ANISOPTERA DEL ORDEN ODONATA”**

**Trabajo de Grado de Maestría presentado
ante la ilustre Universidad Central de
Venezuela por la Ing. Alejandra M. Torres G.,
para optar al título de Magister Scientiarum,
mención Ciencias de la Computación
Tutora: Dra. Ana Vanessa Leguízamo**

Caracas – Venezuela
Abril de 2018



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



Comisión de Estudios
de Postgrado

VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el Trabajo de Grado presentado por: **ALEJANDRA MICHEL TORRES GONZÁLEZ** Cédula de identidad N° 17.710.762, bajo el título "**SISTEMA BASADO EN ONTOLOGÍAS PARA APOYAR LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES Y GÉNEROS DE LA FAMILIA CORDULIIDAE, SUBORDEN ANISOPTERA DEL ORDEN ODONATA**", a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **MAGÍSTER SCIENTIARUM, MENCIÓN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**, dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 10 de Abril de 2018 a la 01:00 PM., para que la autora lo defendiera en forma pública, lo que ésta hizo en el Auditorio Manuel Bemporad, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **aprobarlo**, por considerar, sin hacerse solidario con la ideas expuestas por la autora, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado

Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado constituye un aporte en la identificación de especies de la familia Corduliidae del Orden Odonata por medio de la utilización de una ontología para su clasificación y consulta a través de una interfaz web.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 10 días del mes de Abril del año 2018, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinadora del jurado la Dra. Ana Vanessa Leguizamo.

El presente trabajo fue realizado bajo la dirección de la Dra. Ana Vanessa Leguizamo y la Dra. Claudia Cressa.

Dr. Andrés Sanoja / C.I. 11.229.248
UCV

Dr. Eugenio Scalise / C.I. 10.184.983
UCV

Dra. Ana Vanessa Leguizamo / C.I. 13.309.245
UCV
Tutora



POSTGRADO EN CIENCIAS
DE LA COMPUTACIÓN
Facultad de Ciencias
Universidad Central de Venezuela

AVL 10/04/2018

Página 1 de 1

Resumen

Las colecciones biológicas de macroinvertebrados representan el patrimonio natural del planeta y sirven como material de referencia para la determinación de otros ejemplares. Algunas especies de este grupo califican como claves por la importante función que desempeñan como bioindicadores de la calidad del agua. La capacidad para inventariar, así como conservar estas colecciones biológicas no es sencilla, dado que la bibliografía es de difícil acceso y/o son revistas no necesariamente de mucha difusión, por tanto puede darse el caso que se describe la misma especie en tiempos similares y se le asigna nombres difíciles y diferentes por lo que el investigador comete errores u omisiones en la identificación del ejemplar, catalogando incorrectamente. Para solventar estas dificultades se construyó una ontología de géneros y especies de la familia Corduliidae del Orden Odonata. Gracias a la utilización de métodos y herramientas probados, se consiguió construir una ontología válida que sirve de repositorio de conceptos del dominio sobre el cual se pueden hacer inferencias, realizar búsquedas semánticas (sinónimos, palabras incompletas, hipónimos) dando como resultado un nuevo instrumento para el análisis de la información. Para la consulta de la misma se desarrolló una aplicación web con enfoque ontológico por medio de la cual las personas pueden acceder desde cualquier localidad de forma sencilla, esta aplicación permite consultar datos sobre estos insectos, identificarlos y compartir información en distintos formatos multimedia, logrando así un entorno colaborativo en donde la información es libre, con vocabulario común entre personas, disminuyendo confusiones semánticas y produciendo conocimiento confiable y reutilizable.

Palabras claves: Ontología, insecto acuático, bioindicador, Corduliidae, Odonata.

Contenido

| | |
|---|----|
| Introducción | 8 |
| Capítulo 1. Contexto, planteamiento del problema y objetivos | 10 |
| 1.1 Contexto y planteamiento del problema | 10 |
| 1.2 Antecedentes | 14 |
| 1.3 Solución propuesta..... | 16 |
| 1.4 Objetivos | 18 |
| 1.4.1 Objetivo general..... | 18 |
| 1.4.2 Objetivos específicos | 18 |
| 1.5 Justificación..... | 18 |
| 1.6 Alcance..... | 19 |
| Capítulo 2. Ingeniería ontológica | 21 |
| 2.1 Ontología..... | 21 |
| 2.1.1 Clasificación de las ontologías..... | 22 |
| 2.2 Usos de las ontologías | 22 |
| 2.3 Métodos para la construcción de ontologías | 23 |
| 2.3.1 Procesos de desarrollo de ontologías..... | 23 |
| 2.3.2 Metodologías para la construcción de ontologías..... | 23 |
| 2.3.3 Métodos de evaluación de ontologías..... | 26 |
| 2.4 Herramientas de desarrollo de ontologías..... | 29 |
| 2.5 Lenguajes para el desarrollo de ontologías..... | 30 |
| 2.6 Lenguaje de consulta SPARQL..... | 31 |
| Capítulo 3. Desarrollo de la ontología..... | 32 |
| 3.1 Ontología de la familia Corduliidae..... | 32 |
| 3.1.1 Actividad de especificación..... | 32 |
| 3.1.2 Actividad de conceptualización | 32 |
| 3.1.3 Actividad de formalización e implementación | 58 |
| 3.1.4 Actividad de mantenimiento..... | 58 |
| 3.2 Evaluación de la ontología de la familia Corduliidae | 58 |
| 3.2.1 Esquema de evaluación de ontologías únicas..... | 58 |
| 3.2.2 Evaluación ONTOQA: análisis de calidad de ontologías basado en métricas | 70 |
| Capítulo 4. Desarrollo de la aplicación web | 74 |
| 4.1 Investigación preliminar..... | 75 |
| 4.2 Determinación de los requerimientos del sistema | 75 |
| 4.2.1 Modelo de casos de uso | 75 |
| 4.2.2 Especificación de casos de uso..... | 77 |
| 4.3 Diseño del sistema | 78 |
| 4.4 Desarrollo del sistema | 79 |
| 4.5 Pruebas del sistema..... | 81 |
| 4.6 Implantación y evaluación | 84 |
| Conclusiones | 86 |
| Recomendaciones | 87 |
| Referencias..... | 88 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Especificación de requisitos..... | 32 |
| Tabla 2. Tarea 1 de Methontology. Glosario de términos | 34 |
| Tabla 3. Diccionario de conceptos | 40 |
| Tabla 4. Relaciones binarias..... | 42 |
| Tabla 5. Atributos de clase | 43 |
| Tabla 6. Axiomas formales..... | 47 |
| Tabla 7. Reglas de identificación | 47 |
| Tabla 8. Instancias..... | 52 |
| Tabla 9. Corpus del dominio de los insectos de la familia Corduliidae del Orden Odonata | 63 |
| Tabla 10. Resumen de la precisión y el recall de la ontología | 65 |
| Tabla 11. Comparación de los requisitos con los resultados obtenidos..... | 66 |
| Tabla 12. Caso de uso Registrar datos..... | 77 |
| Tabla 13. Caso de uso Identificar géneros y especies..... | 77 |
| Tabla 14. Caso de uso Consultar manual de usuario | 77 |
| Tabla 15. Caso de uso Visualizar información | 77 |
| Tabla 16. Caso de uso Gestionar recursos..... | 77 |
| Tabla 17. Caso de uso Administrar recursos | 78 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Especies de las familias Anisoptera y Zygoptera..... | 10 |
| Figura 2. Esquema general de la solución propuesta | 17 |
| Figura 3. Esquema de géneros y especies de la familia Corduliidae..... | 20 |
| Figura 4. Procedimiento para diseño y evaluación de ontologías de Grüninger & Fox | 24 |
| Figura 5. Ciclo de vida de Methontology | 25 |
| Figura 6. Tareas de Methontology | 25 |
| Figura 7. Modelo conceptual de los insectos acuáticos | 33 |
| Figura 8. Taxonomía de conceptos..... | 38 |
| Figura 9. Diagrama de relaciones binarias del dominio | 40 |
| Figura 10. Código en el validador de la Universidad de Manchester | 59 |
| Figura 11. Resultado de la evaluación del código en el validador de la Universidad de Manchester | 59 |
| Figura 12. Redundancia en el atributo cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AA..... | 60 |
| Figura 13. Redundancia en la relación adulto_tiene_abdomen | 60 |
| Figura 14. Instancia de la clase Orden | 61 |
| Figura 15. Instancias de la clase SubOrden | 61 |
| Figura 16. Instancias de la clase Familia | 61 |
| Figura 17. Instancias de la clase Género..... | 61 |
| Figura 18. Instancias de la clase Especie..... | 62 |
| Figura 19. Respuesta a la pregunta de competencia ¿Qué son los odonatos? | 66 |
| Figura 20. Respuesta a la pregunta de competencia ¿Cuáles son los subórdenes del Orden Odonata?..... | 67 |
| Figura 21. Respuesta a la pregunta de competencia ¿Cuáles son los insectos pertenecientes al suborden Anisoptera?..... | 67 |
| Figura 22. Respuesta a la pregunta de competencia ¿Cuáles son géneros del suborden Anisoptera?..... | 67 |
| Figura 23. Respuesta a la pregunta de competencia ¿Cuáles las especies de la familia Corduliidae?..... | 68 |
| Figura 24. Respuesta a la pregunta de competencia ¿Cuáles las especies de un género en específico?..... | 68 |
| Figura 25. Respuesta a la pregunta de competencia: Conociendo si tiene ganchos dorsales en la porción media, la forma de la placa frontal, si tiene espinas laterales abdominales anteriores en el segmento 8 y la protuberancia cónica ¿A qué género pertenece el ejemplar?..... | 69 |
| Figura 26. Conociendo el color de syntorax, la longitud del ala posterior, colocar de patas y longitud de pterostigma AA ¿Cuál es el ejemplar presente? | 69 |
| Figura 27. Metodología James-Senn | 74 |
| Figura 28. Diagrama de casos de uso de la aplicación..... | 75 |
| Figura 29. Diagrama de casos de uso de Identificar Insecto | 76 |
| Figura 30. Diagrama de casos de uso de Gestionar Recursos..... | 76 |

| | |
|--|----|
| Figura 31. Diagrama de casos de uso Administrar Recursos | 76 |
| Figura 33. Arquitectura de la aplicación | 78 |
| Figura 34. Login y registro | 79 |
| Figura 35. Inicio del portal web | 79 |
| Figura 36. Módulo de identificación | 79 |
| Figura 37. Módulo de recursos | 80 |
| Figura 38. Consulta de recursos | 80 |
| Figura 39. Identificación de Aeschnosoma Larva por aplicación web y SPARQL query | 81 |
| Figura 40. Identificación de Neocordulia Biancoi Larva por aplicación web y SPARQL query | 81 |
| Figura 41. Detalle del ejemplar identificado Aeschnosoma Larva..... | 82 |
| Figura 42. Detalle del ejemplar identificado Neocordulia Biancoi Larva | 82 |
| Figura 43. Mensaje de error con usuario y/o contraseña errada | 83 |
| Figura 44. Mensaje de error con recurso inválido | 83 |
| Figura 45. Secuencia exitosa de agregar recurso de tipo video | 84 |
| Figura 46. Secuencia exitosa de eliminar un recurso de tipo video | 84 |

Introducción

Las colecciones biológicas (conjunto o bancos de datos de especímenes con destacada importancia investigativa), representan el patrimonio natural de un país o región y sirven como material de referencia para la identificación de otros ejemplares. Las colecciones permiten conocer la biodiversidad pasada y actual del planeta. Por lo tanto, éstas deben estar bajo una mirada de conservación preventiva, adquiriendo gran importancia al constituir un elemento para ampliar el conocimiento de la biodiversidad, de las dinámicas que la originaron, su biología, su distribución, el estatus de amenaza que enfrentan y el potencial de uso que de ella puede derivarse (Montaño, Meza, & Días, 2012).

Destaca en este contexto, la importancia ecológica de los macroinvertebrados en el mantenimiento de la diversidad. Algunas de las especies de este grupo son claves por la importante función que desempeñan, o más aún, pueden ser vitales dentro de una comunidad.

En la actualidad, existe una gran cantidad de trabajos de investigación sobre estos macroinvertebrados, que buscan recopilar y almacenar adecuadamente la información ecológica generada de exploraciones en el campo y laboratorios, con el objeto de obtener conocimiento útil y reutilizable. Para este fin, las ontologías son ampliamente usadas porque proporcionan los elementos y mecanismos requeridos para representar conocimiento estandarizado posibilitando así que todos los involucrados empleen una misma terminología de manera concertada.

Debido a la importancia ecológica que tienen los odonatos y lo complejo de su identificación en Venezuela, por la diversidad de especies, la casi inexistencia de especialistas y la poca publicación de las investigaciones que se realizan, es conveniente la sistematización de las identificaciones, por medio de una ontología que facilite la identificación de las especies y géneros de la familia Corduliidae, perteneciente al suborden Anisoptera del Orden Odonata. Igualmente, este procedimiento facilitaría la divulgación de los resultados.

Tomando en consideración lo anteriormente expuesto, se propone el desarrollo de un sistema con orientación a la web fundamentado en una ontología de dominio que sirva como guía de referencia rápida para los investigadores en la identificación de este tipo de insectos. El objetivo del proyecto es centralizar y organizar el conocimiento fundamental, de experticia y operacional del dominio de los odonatos, específicamente especies y géneros de la familia Corduliidae del suborden Anisoptera.

El presente trabajo de grado de Maestría está estructurado en 4capítulos, en el primero se muestra una descripción de los odonatos, el proceso para su identificación, los problemas que se presentan y la solución planteada a los mismos, con lo que se pretende conocer el dominio que se está abordando de esta familia, la clasificación, el proceso de identificación de los insectos acuáticos, los problemas y limitaciones que conllevan. Todo esto fundamentado en trabajos previos que proponen una solución basada en una ontología de dominio para solventar dificultades existentes. Posteriormente se describen los objetivos de la investigación y los aportes.

En el segundo capítulo se constituye el marco teórico, en el cual se tratan conceptos de la ingeniería ontológica, definición, uso y metodologías de desarrollo, todas estas teorías servirán de base y fundamento principal para la investigación. En el tercer capítulo se desarrollan las once tareas de Methontology, que darán como resultado la ontología, también se determinaron las reglas y sentencias en SPARQL para ser consultada. En el cuarto capítulo se describe el desarrollo de las fases de la metodología James-Senn tales como la investigación preliminar, determinación de requerimientos, diseño, codificación, pruebas e implementación de la aplicación web.

Capítulo 1. Contexto, planteamiento del problema y objetivos

En esta sección, se describen los odonatos, proceso de identificación de estos insectos y los problemas y limitaciones que este proceso conlleva. Fundamentados en trabajos previos se propone una solución basada en una ontología de dominio para solventar las dificultades existentes. Posteriormente se definen los objetivos de la investigación y los aportes de la misma.

1.1 Contexto y planteamiento del problema

Existen numerosas especies en el planeta, y es tan vasta la cantidad y variedad que aún hay algunas que son desconocidas y otras están en continua investigación.

Los insectos acuáticos, son de tamaño mediano o grande, cuerpo alargado y dos pares de alas membranosas muy delicadas. Tienen antenas cortas, ojos compuestos muy desarrollados y aparato bucal masticador. Son carnívoros depredadores muy voraces y cazan a sus víctimas de forma “seek and wait”, es decir, los esperan a que pasen por su lado y extienden las mandíbulas. Los odonatos son excelentes voladores capaces de mantenerse quietos en el aire y volar hacia atrás. Los representantes típicos de este orden son los especímenes de libélulas (Anisoptera) y los Caballitos del Diablo (Zygoptera). Ver figura 1. Las familias del suborden Zygoptera son: Calopterygidae, Lestidae, Platystictidae, Protoneuridae y Coenagrionidae. Mientras que las familias del suborden Anisoptera son: Gomphidae, Petaluridae, Aeshnidae, Cordulegastridae, Macromidae, Corduliidae y Libellulidae.



a) Anisoptera

Fuente: (Cotta, 2008)

b) Zygoptera

Fuente: (Soul, 2011)

Figura 1. Especies de las familias Anisoptera y Zygoptera

Estos macroinvertebrados tienen gran impacto en la ecología del planeta, como son depredadores voraces, ayudan al control poblacional de otras especies. Por otra parte, estudios han demostrado que son indicadores biológicos de la calidad del agua debido a la alta sensibilidad a los cambios

ambientales (Ladrera, Rieradevall, & Prat, 2013). La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente con base en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años, muchos países han aceptado la inclusión de las comunidades acuáticas en la evaluación de la calidad de los ecosistemas acuáticos (Pino & Bernal, 2009), debido a que las variaciones fisicoquímicas sólo dan una idea puntual sobre la calidad del ambiente y no ofrecen información sobre las variaciones en el tiempo.

En la actualidad, los macroinvertebrados son los organismos más ampliamente usados como bioindicadores por diversas circunstancias, entre las que destacan (Bonada, Prat, Resh, & Bernhard, 2005):

1. Tener una amplia distribución (geográfica y en diferentes tipos de ambientes)
2. Poseer una gran riqueza de especies con gran diversidad de respuestas a los gradientes ambientales
3. Ser en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación
4. Tener una reacción de huida a los ambientes contaminados, lo que deriva como indicador de contaminación
5. Tener ciclos de vida cortos, porque integra los efectos de la contaminación en el tiempo
6. Poder ser muestreados de forma sencilla y barata
7. Tener una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género

Recolectar, catalogar y describir especies es una actividad rutinaria en la comunidad de biólogos, dando como resultado colecciones biológicas de gran valor. Sin embargo, la capacidad para inventariar, así como conservar las colecciones biológicas y acceder a esta información, es limitada.

En líneas generales, el proceso de identificación de una familia es el siguiente (Fernández, 2014):

- a) en las salidas de campo se recolectan los insectos,
- b) en el laboratorio, el ejemplar es llevado al microscopio, se separan las larvas de los adultos y con la ayuda de un estereoscopio se procede a realizar el análisis de sus características morfológicas (en ejemplares machos adultos),
- c) en caso de que exista incertidumbre al momento de realizar la identificación, la muestra es llevada para el análisis por un experto.

La conclusión sobre a qué género o especie pertenece un ejemplar será dada por las claves dicotómicas que el experto utilice, complementado con la experiencia propia o por literatura. Ciertamente la identificación tiene reglas que se han dado a conocer a lo largo del tiempo por medio de una literatura

consensuada, pero cuando un autor no ha tenido acceso a las fuentes disponibles o simplemente no las ha revisado, al momento de realizar una publicación de la descripción de una especie, puede cometer errores u omisiones en la identificación del ejemplar, catalogando incorrectamente.

Un ejemplo de esto se puede apreciar en las páginas de Entomotrópica, revista oficial de la Sociedad Venezolana de Entomología, en donde constantemente se publican, entre otros tópicos, los avances en identificación de insectos en el país. En su edición de abril 2007 sobre los nuevos odonatos encontrados en Venezuela se hicieron correcciones en la clasificación afirmando lo siguiente "...un estudio posterior demostró que su identificación original fue errónea, o que un mismo taxón esté listado dos veces bajo nombres distintos que resultaron ser sinónimos, o que la especie en cuestión no fue realmente colectada en Venezuela" (De Marmels, 2007).

Por lo anteriormente expuesto, se hace difícil crear programas y políticas para la conservación preventiva y el desarrollo sostenible de los recursos biológicos. No obstante, existen iniciativas como el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) que entró en vigor el 29 de diciembre de 1993, que es un tratado internacional jurídicamente vinculante con tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Su objetivo general es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible.

Dentro de este convenio, se propone la Iniciativa Mundial sobre Taxonomía (IMT), que según (Borches, 2006) surge con el propósito de reducir el "impedimento taxonómico", en otras palabras, intenta reducir los vacíos en el conocimiento de los grupos taxonómicos, la escasez de taxónomos y curadores, y el impacto que estas deficiencias tienen en la habilidad de conservar, utilizar y compartir los beneficios derivados de los recursos genéticos.

En virtud de los planteamientos expuestos por la IMT, se observa la imperante necesidad de divulgar y compartir la información disponible entre los investigadores, para que al momento de identificar géneros y especies de ejemplares se conozcan los avances de los otros autores y se minimicen las identificaciones erradas, repetición de descripciones entre otros.

Una de las tecnologías de información que está siendo utilizada con éxito para alcanzar objetivos que faciliten la comunicación y divulgación de las nuevas especies descritas, son las ontologías. Según (Borst, 1997), una ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida. Se dice que es una conceptualización porque se expresa como un conjunto de entidades, atributos, procesos, sus definiciones e

interrelaciones; es formal porque se tiene una organización teórica de términos y relaciones para el análisis del dominio; compartida y explícita porque el conocimiento es consensuado por la comunidad y contiene una especificación de los conceptos y las restricciones sobre éstos.

Los componentes de una ontología varían según el dominio de interés y las necesidades de los desarrolladores. Según (Barrera , Nuñez, & Ramos, 2012) los elementos fundamentales que deben estar presentes en una ontología son los siguientes:

a) Clases: describen detalladamente los conceptos del dominio. Una clase puede ser dividida en subclases, las cuales representarán conceptos más específicos que la clase a la que pertenecen, b) Relaciones: conexiones entre conceptos que representan las interacciones entre éstos, c) Instancias o individuos: son objetos, miembros de una clase, que no pueden ser divididos sin perder su estructura y características funcionales, d) Propiedades o slots: utilizadas para describir las características de las clases, e) Axiomas: permiten el modelado de verdades que se cumplen siempre en la realidad. Los axiomas permiten, junto con la herencia de conceptos, inferir conocimiento que no esté indicado explícitamente, f) Conceptualización: conjunto de conceptos, relaciones, objetos y restricciones que caracterizan un dominio y g) Vocabulario: colección de palabras con una explicación y documentación que persigue la universalidad y el formalismo en el contexto de un dominio.

La razón por la que se seleccionan las ontologías como una posible solución al problema planteado son las siguientes (Noy & McGuinness, 2001):

- Proporcionan un vocabulario común entre personas
- Permiten reutilizar el conocimiento de un dominio
- Permiten separar conocimiento de dominio del conocimiento operacional
- Sistematizan el conocimiento
- Reducen la ambigüedad (disminuyen confusiones semánticas)
- Permiten la interoperabilidad

Por tanto, la pregunta que regirá la investigación será la siguiente:

¿Cómo organizar y estandarizar el conocimiento de los insectos del Orden Odonata, de manera tal que sea posible apoyar el proceso de identificación de las especies y géneros de la familia Corduliidae, perteneciente al suborden Anisoptera, reduciendo la ambigüedad?

1.2 Antecedentes

Debido a la diversidad y al amplio conjunto de conceptos y vocabularios existentes en el ámbito de la biología, se ha hecho necesaria la estandarización y representación del conocimiento, a través de las bio-ontologías, que según (Bard & Rhee, 2004) son una representación formal de conocimiento biológico que define los términos fundamentales del área y los combina con reglas que permiten describir las relaciones entre ellos.

A continuación se describen algunas de las iniciativas en el desarrollo de bio-ontologías:

- (Fernández, 2014), describe una ontología que representa el conocimiento de insectos acuáticos del orden Plecóptera. En la ontología se expresa, de manera claramente separada, el conocimiento del dominio y el conocimiento operacional que permite la identificación de las treinta y dos especies del género *Anacroneturia* presentes en Venezuela. Se desarrolló una aplicación web a través de la cual es posible acceder al conocimiento básico del dominio y realizar el proceso de identificación de especies
- (Aguilar, 2008), describe un enfoque de búsqueda web que integra ontologías de diversos dominios (las cuales son elegidas acorde a las necesidades de búsqueda del usuario), el tesoro WordNet (como base de la implementación del proceso de desambiguación de sentidos) y la medida de similitud jerárquica llamada Medida de Similitud Generalizada de cosenos. Con esta propuesta las páginas web resultantes de una búsqueda pertenecen al dominio elegido, y son ordenadas de acuerdo a su similitud con dicho dominio
- (Smith, Ashburner, & Rosse, 2007), creadores de la fundación The Open Biological and Biomedical Ontologies (OBO)¹ tienen como misión apoyar a miembros de la comunidad que están desarrollando ontologías en el ámbito biomédico. El objetivo es centralizarlas para que sean totalmente interoperables, en virtud de una filosofía de diseño común, permitiendo así que los científicos puedan comunicarse con la menor ambigüedad posible. De esta manera los datos generados en el curso de la investigación biomédica formarán una sola entidad
- The Plant Ontology (PO)² es un esfuerzo colaborativo a disposición del público disponible desde el año 2002, para desarrollar y mantener un vocabulario controlado estructurado ("ontología") de términos para

¹<http://www.obofoundry.org/>

²<http://www.plantontology.org/>

describir la anatomía de las plantas, la morfología y las etapas de crecimiento. Los objetivos del PO son vincular los datos (Anotación) expresión de genes y fenotipo de las estructuras vegetales y etapas de desarrollo de la planta, utilizando el modelo de datos adoptado por la ontología de genes. Desde su diseño original que cubre sólo el arroz, el maíz y *Arabidopsis*, el alcance de la PO se ha ampliado para incluir a todas las plantas verdes. Además, contiene traducciones (a través de sinónimos) en idiomas distintos al inglés, como el japonés y español. A partir de la versión de 2013 hay cerca de 2,2 millones de anotaciones que unen términos PO y 110.000 objetos de datos únicos que representan a los genes o los modelos de genes, proteínas, ARN, germoplasma y loci de rasgos cuantitativos (QTL) de 22 especies de plantas

- El Centro Nacional de Ontologías Biomédicas (The National Center for Biomedical Ontology - NCBO)³, es un organismo cuyo principal objetivo es proporcionar a los investigadores biomédicos, aplicaciones en línea embebidas en un portal web que les permitan acceder, revisar e integrar recursos ontológicos, para su utilización en investigación biomédica y en la práctica clínica. Destacan particularmente entre estas aplicaciones el Bio-Portal, a través del cual es posible acceder, navegar, compartir, enviar, comentar y explorar ontologías biomédicas; y el anotador NCBO que posibilita la anotación semántica de metadatos textuales a los conceptos de ontología
- El Sistema de Lenguaje Médico Unificado (Unified Medical Language System - UMLS)⁴, desarrollado por la biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos, recopila vocabulario en las ciencias biomédicas. La finalidad del sistema es la de impulsar el desarrollo de aplicaciones computacionales para apoyar a los investigadores y profesionales del área de la salud en la recuperación e integración de información biomédica desde diferentes fuentes automatizadas. UMLS está constituido por un Metathesaurus (vocabulario), una red semántica (relaciones) y un SPECIALIST Lexicón (reglas del lenguaje)
- La ontología de genes (Gene Ontology -GO)⁵ unifica y describe el vocabulario de los términos relativos a los genes, así como las características de los productos génicos de los organismos. La ontología abarca tres dominios: componente celular (partes de las célula o de su entorno extracelular); función molecular (actividades elementales de un

³<http://www.bioontology.org/>

⁴<http://www.nlm.nih.gov/>

⁵<http://geneontology.org/>

producto del gen a nivel molecular) y proceso biológico (conjuntos de eventos moleculares)

- Malaria Ontology⁶. La primera versión de la ontología de la malaria abarca tanto los aspectos clínicos y epidemiológicos de la enfermedad. La idea del proyecto, es lograr un repositorio para una ontología que reúna todas las enfermedades transmitidas por vectores, que será a su vez, una gran ontología de las enfermedades infecciosas. Esto último se está desarrollando actualmente en el marco de un gran esfuerzo de colaboración internacional
- Ontología de enfermedades (Disease Ontology)⁶ La Ontología de Enfermedades ha sido desarrollada como una ontología estandarizada para la enfermedad humana con el fin de proporcionar a la comunidad biomédica con descripciones coherentes, reutilizables y sostenibles de los términos de la enfermedad humana, características fenotípicas y conceptos de enfermedad de vocabulario médico, relacionados a través de esfuerzos de colaboración de investigadores de la Universidad Northwestern, Centro de Medicina genética y la Universidad de Maryland Escuela de Medicina, Instituto de Ciencias del Genoma

1.3 Solución propuesta

Para solucionar el problema comunicación y disponibilidad de información que existe entre los expertos que realizan investigación en el contexto de los odonatos, se propone el uso de la tecnología de información denominada ontologías.

La ontología que se propone, se constituirá en el núcleo de una aplicación con orientación web, que apoyará la identificación de las especies y géneros de la familia Corduliidae, perteneciente al suborden Anisoptera del orden Odonata.

La aplicación con enfoque ontológico propuesta, adicionalmente posibilitará realizar búsquedas semánticas (sinónimos, palabras incompletas, hipónimos), navegar por la ontología, identificar ejemplares de la familia Corduliidae y actualizar la ontología a través de la edición de las instancias, así como la incorporación y eliminación de las mismas.

Existen diversos tipos de ontologías, pero para el caso de estudio que nos ocupa, se utilizará una ontología de dominio dado que proporciona el vocabulario necesario para describir un dominio, incluyendo términos relacionados con los objetos del dominio y sus componentes.

⁶<http://disease-ontology.org/>

La arquitectura general de la solución propuesta (Ver figura 2), está basada en el desarrollo por capas del modelo cliente-servidor y estará compuesta por una capa de presentación, capa de negocios y capa de datos. A continuación se describen cada una de ellas:

Capa de presentación: esta capa permitirá la interacción con el usuario a través de interfaces.

Capa lógica de negocio: esta capa contendrá los módulos:

- *Consulta:* este módulo se encargará de procesar las peticiones recibidas de la capa de presentación. Se implantarán estrategias para recuperar el conocimiento almacenado en la ontología
- *Identificación:* este módulo contendrá los algoritmos y reglas de identificación de los Odonatos y estará en constante comunicación con la capa de datos para responder solicitudes
- *Gestión:* este módulo será utilizado por un usuario administrador y permitirá hacer modificaciones a la ontología, manipular los usuarios registrados y recursos, ya sea agregando, editando o eliminando información

Capa de datos: estará formada por la ontología de la familia Corduliidae, así como también por la base de datos de administración de la aplicación web.

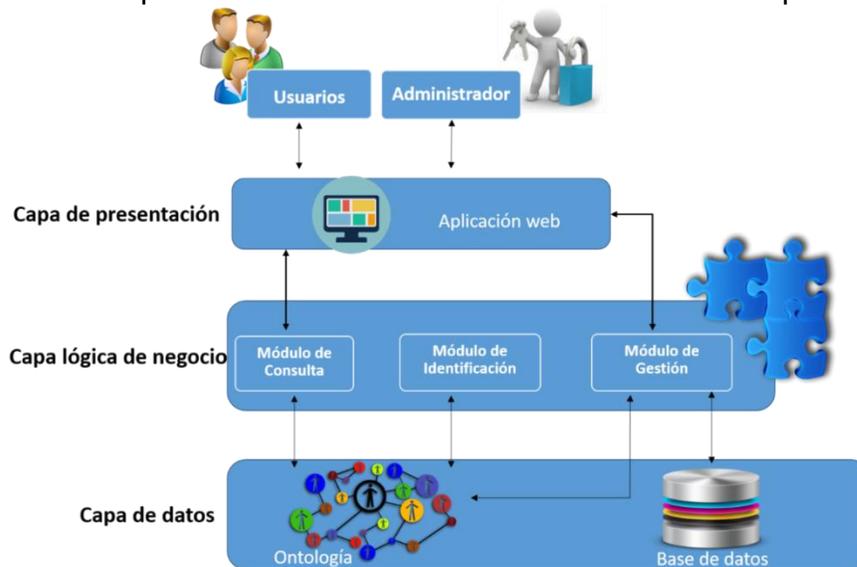


Figura 2. Esquema general de la solución propuesta

Por lo anteriormente expuesto se puede afirmar que con el uso de ontologías se puede solventar el problema planteado ya que es posible disminuir las confusiones de nomenclatura, lo cual es de gran importancia en

este dominio dado que las características de un insecto deben referenciarse de manera única para garantizar identificaciones precisas y confiables.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un Sistema Basado en Ontologías para apoyar la identificación de las especies y géneros de la familia Corduliidae del orden Odonata

1.4.2 Objetivos específicos

- Obtener y representar el conocimiento sobre la familia Corduliidae del Orden Odonata
- Estudiar las claves dicotómicas para la identificación de la familia Corduliidae del orden Odonata
- Construir la ontología referente a la familia Corduliidae del orden Odonata
- Validar la ontología construida
- Desarrollar los mecanismos de inferencia para consultar la ontología construida
- Desarrollar la aplicación web que permita visualizar, y gestionar la ontología construida
- Realizar las pruebas de calidad de la aplicación
- Elaborar un manual de usuario de la aplicación construida

1.5 Justificación

Los odonatos juegan un importante papel en el flujo energético de los ecosistemas y en la estructura de las comunidades acuáticas, por ser un eslabón trófico importante para los niveles superiores. Igualmente, al ser grandes depredadores sirven de fuente de energía para organismos que los parasitan, como larvas de ácaros acuáticos y ceratopogónidos. Entre los organismos que se alimentan de ellos, resaltan los peces, arácnidos, aves, roedores y otros pequeños mamíferos (Palacino, 2011).

Como todo organismo acuático, cambios en las condiciones ambientales afectan a las ninfas de odonatos. Aunque se sabe todavía poco sobre sus respuestas al medio ambiente, se ha sugerido que las libélulas pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del agua en ríos (Ramírez, 2010).

La investigación que se propone realizar, que permitirá identificar ejemplares de la familia Corduliidae, tendrá un impacto positivo para los investigadores, ya que podrá ser utilizada como una guía de referencia rápida. Con esta investigación se podrá estandarizar, organizar y catalogar el

conocimiento; si bien la investigación no pretende cubrir vacíos sobre el conocimiento, si se quiere homologar términos utilizando los beneficios que proveen las ontologías.

Gracias a la investigación se aportará un nuevo instrumento para el análisis de la información porque se creará un repositorio de conceptos relacionados con el dominio organizado, reglas de identificación de la familia Corduliidae del Orden Odonata y una aplicación de referencia para consultar e identificar sus especies y géneros por usuarios interesados.

Por lo anteriormente expuesto resulta de especial interés el estudio, análisis y conceptualización del conocimiento del dominio de los insectos acuáticos del Orden Odonata.

1.6 Alcance

El presente estudio explorará el uso de ontologías para la identificación de insectos acuáticos. La ontología será implementada por medio de un sistema con orientación a la web a través del cual se podrán hacer consultas semánticas, identificar ejemplares mediante las características de la familia Corduliidae del suborden Anisoptera, asimismo se podrán agregar y actualizar recursos tales como videos, audios, imágenes y documentos, con el objeto de crear un entorno colaborativo en el que los investigadores puedan compartir información de sus hallazgos.

Es importante mencionar que según (CVE, 2002) hay un elevado número de especies, alrededor de unas 6.000 a nivel mundial en su mayoría Centroamérica y España;(De Marmerls, 2015) indica que los Odonatos en Venezuela están conformados por 13 familias, 124 géneros, 514 especies y 13 sub-especies. Dada la gran cantidad de especies a nivel nacional e internacional, se reducirá el dominio del caso de estudio a la identificación de especies y géneros de la familia Corduliidae de odonatos existentes en el país.

Por tanto se trabajará con el siguiente esquema:

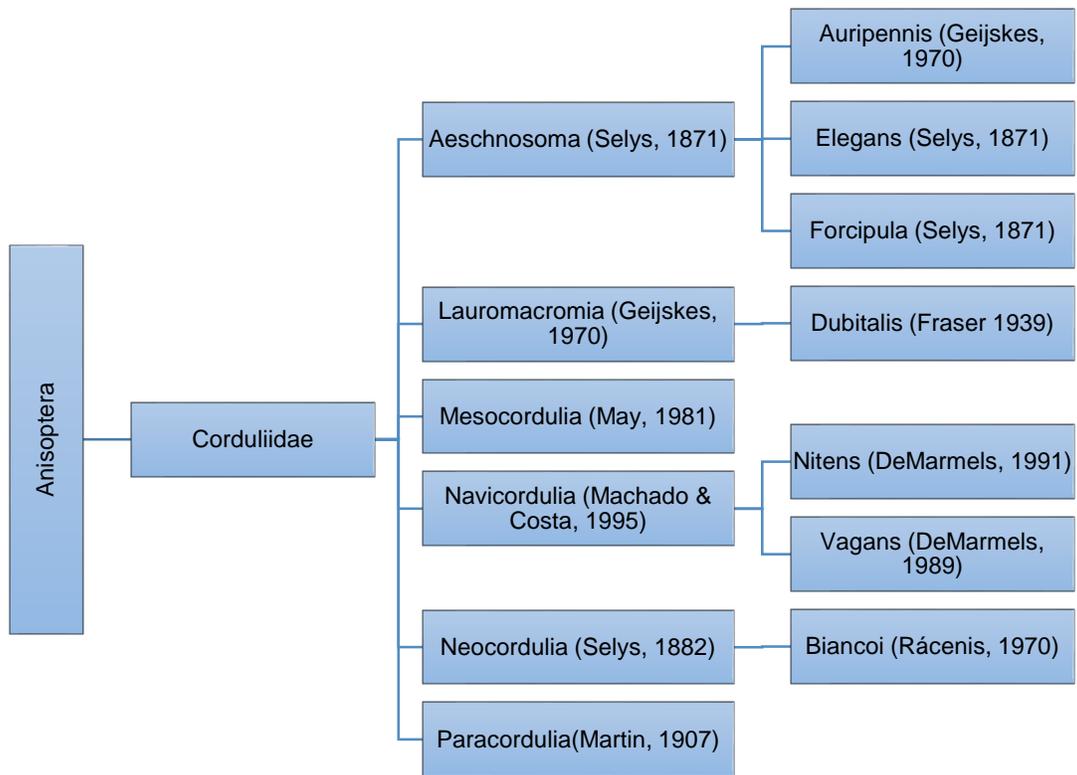


Figura 3. Esquema de géneros y especies de la familia Corduliidae

Capítulo 2. Ingeniería ontológica

En este capítulo se detallan los conceptos básicos de la ingeniería ontológica, tales como ontología, su uso, métodos de desarrollo y consulta SPARQL

La ingeniería Ontológica se refiere al conjunto de actividades del proceso de desarrollo y ciclo de vida de una ontología, así como a las metodologías, herramientas y lenguajes necesarios para la construcción de la misma (Ontology Enginner ingGorup, 2015)

2.1 Ontología

Según (Borst, 1997), una ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida. Se dice que es una conceptualización porque se expresa como un conjunto de entidades, atributos, procesos, sus definiciones e interrelaciones; es formal porque se tiene una organización teórica de términos y relaciones para el análisis del dominio; compartida y explícita porque el conocimiento es consensuado por la comunidad y contiene una especificación de los conceptos y las restricciones sobre éstos.

Los componentes de una ontología varían según el dominio de interés y las necesidades de los desarrolladores. Según (Barrera , Nuñez, & Ramos, Ingeniería Ontológica, 2012) los elementos fundamentales que deben estar presentes en una ontología son los siguientes:

- Clases: describen detalladamente los conceptos del dominio. Una clase puede ser dividida en subclases, las cuales representarán conceptos más específicos que la clase a la que pertenecen
- Relaciones: conexiones entre conceptos que representan las interacciones entre éstos
- Instancias o individuos: son objetos, miembros de una clase, que no pueden ser divididos sin perder su estructura y características funcionales
- Propiedades o slots: utilizadas para describir las características de las clases
- Axiomas: permiten el modelado de verdades que se cumplen siempre en la realidad. Los axiomas permiten, junto con la herencia de conceptos, inferir conocimiento que no esté indicado explícitamente
- Conceptualización: conjunto de conceptos, relaciones, objetos y restricciones que caracterizan un dominio
- Vocabulario: colección de palabras con una explicación y documentación que persigue la universalidad y el formalismo en el contexto de un dominio

2.1.1 Clasificación de las ontologías

- Ontologías de nivel superior: describen conceptos muy generales que son independientes de un problema particular o dominio
- Ontologías de dominio: proporcionan el vocabulario necesario para describir un dominio. Incluyen términos relacionados con los objetos del dominio y sus componentes, un conjunto de verbos o frases que dan nombre a actividades y procesos que tienen lugar en ese dominio, y conceptos primitivos que aparecen en teorías, relaciones y fórmulas que regulan o rigen el dominio
- Ontologías de tareas: proveen un vocabulario sistemático de los términos usados para resolver problemas asociados con tareas particulares, ya sean dependientes o no del dominio
- Ontologías de aplicación: contienen las definiciones necesarias para modelar el conocimiento requerido para una aplicación particular en un dominio dado. Describen conceptos que dependen tanto del dominio particular como de las tareas. Estas ontologías son especializaciones de las ontologías de dominio y de tareas

2.2 Usos de las ontologías

Las ontologías son usadas para comunicar, integrar, educar, interoperar entre sistemas, las aplicaciones que pueden tener están:

- Descripción de construcciones semánticas
- Descripción de significados de los contenidos de los portales
- Desarrollo de mecanismos de comunicación entre personas y máquinas por medio de lenguaje natural
- Aplicaciones para la salud, recolectando y estandarizando vocabularios
- Aplicaciones para gestionar conocimiento tácito y explícito de los integrantes de una organización para describir pasos de procesos.
- Repositorios para la organización del conocimiento
- Servir de herramienta para la adquisición de información
- Servir de referencia en la construcción de sistemas de basados en conocimiento que aporten consistencia, fiabilidad y falta de ambigüedad a la hora de recuperar información
- Normalizar los atributos de los metadatos aplicables a los documentos
- Crear una red de relaciones que aporte especificación y fiabilidad
- Permitir compartir conocimiento
- Posibilitar el trabajo cooperativo al funcionar como soporte común de conocimiento entre organizaciones y comunidades científicas

2.3 Métodos para la construcción de ontologías

2.3.1 Procesos de desarrollo de ontologías

Según (Barrera , Nuñez, & Ramos, 2012), en la comunidad de desarrolladores de ontologías, han surgido una serie de métodos de diseño y construcción de ontologías, que tienen por finalidad proporcionar un procedimiento comúnmente aceptado, validado y verificado, que garantice el logro de un producto exitoso.

A continuación, se describen las actividades que se incluyen en el proceso de diseño y construcción de una ontología:

- Definir las clases de la ontología
- Organizar las clases en una jerarquía taxonómica (subclase-superclase)
- Definir las propiedades y describir los valores posibles para cada una
- Dar valores a las propiedades para cada una de las instancias

No obstante, las fases que normalmente conforman el ciclo de vida deconstrucción de una ontología son:

- Especificación: se identifica el propósito y el ámbito de la ontología
- Conceptualización: se describe el modelo conceptual de la ontología
- Formalización: se transforma el modelo conceptual en un modelo formal
- Implementación: se implementa la ontología formalizada en un lenguaje de representación del conocimiento
- Mantenimiento: se actualiza y corrige la ontología

2.3.2 Metodologías para la construcción de ontologías

Existen numerosas propuestas para el diseño y construcción de ontologías, entre ellas están Grüninger & Fox (1995), Methontology (1999), Noy & McGuinness (2001).

Método de Grüninger & Fox

Método inspirado en el desarrollo de sistemas basados en conocimiento usando lógica de primer orden. Proponen identificar escenarios, posibles aplicaciones en las cuales la ontología será usada; mediante un conjunto de preguntas en lenguaje natural denominadas Preguntas de Competencia, las cuales serán usadas para determinar el alcance de la ontología.

La principal fortaleza de este método, es el alto grado de formalidad en la especificación. Método bien fundamentado para construir y evaluar ontologías, aun cuando algunas actividades de administración y apoyo están ausentes.

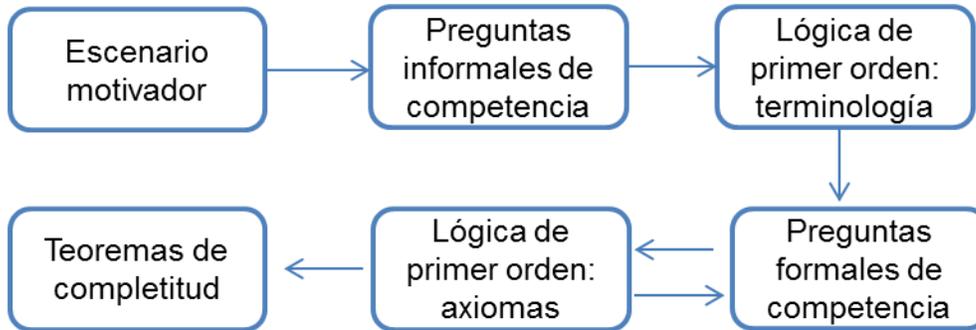


Figura 4. Procedimiento para diseño y evaluación de ontologías de Grüninger & Fox

Mehontology

Se desarrolló dentro del grupo de Ingeniería Ontológica en la Universidad Politécnica de Madrid. Esta metodología permite la construcción de ontologías a nivel de conocimiento. Se basa en la actividades de desarrollo de software identificadas por la IEEE y ha sido propuesta por la FIPA. Esta considera la identificación de los procesos de desarrollo de la ontología, ciclo de vida basado en la evolución de prototipos y técnicas particulares para realizar las actividades de administración, desarrollo y soporte (Corcho, Fernández, Gómez, & López, 2005).

A continuación se describen cada una de las actividades del ciclo de vida:

1. Especificación: elaborar un documento que especifique alcance, objetivos, propósito, nivel de formalidad, preguntas de competencia y usuarios de la ontología. El resultado de esta actividad es un documento denominado: Documento de especificación
2. Conceptualización: organizar y convertir una percepción informal de un dominio, en una especificación semi-formal usando representaciones intermedias. De esta actividad se obtiene el modelo conceptual de la ontología (Ver figura 6)
3. Formalización: transformar el modelo conceptual en un modelo formal o semi-computable
4. Implementación: codificar la ontología utilizando un lenguaje formal
5. Mantenimiento: actualizar y corregir la ontología

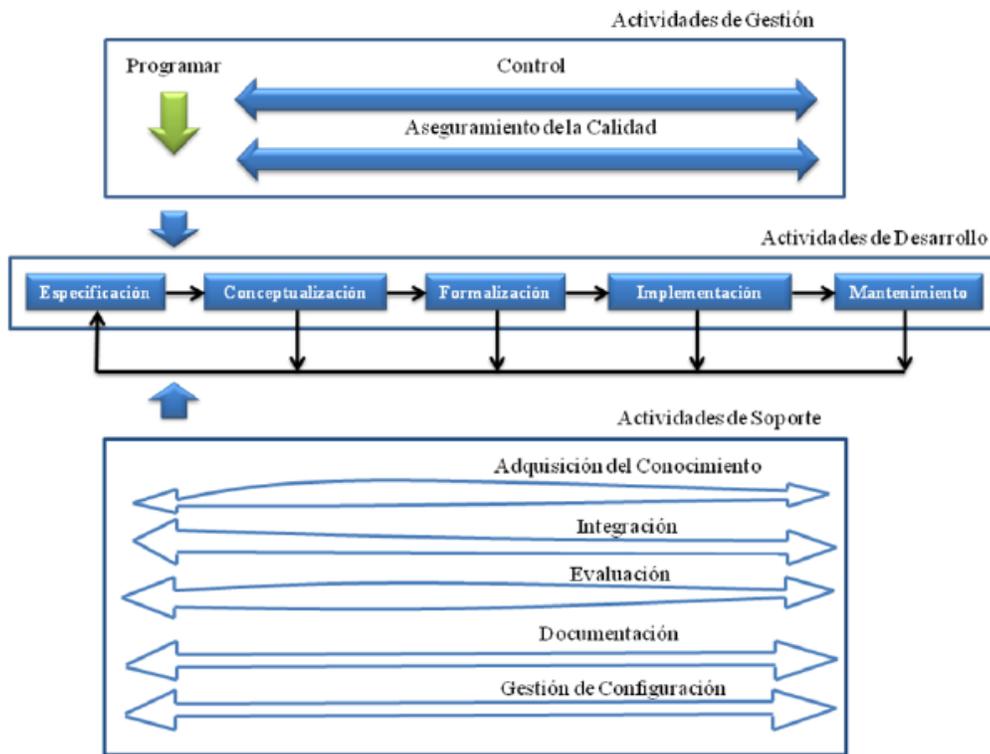


Figura 5. Ciclo de vida de Methontology
Fuente: (Corcho, Fernández, Gómez, & López, 2005)

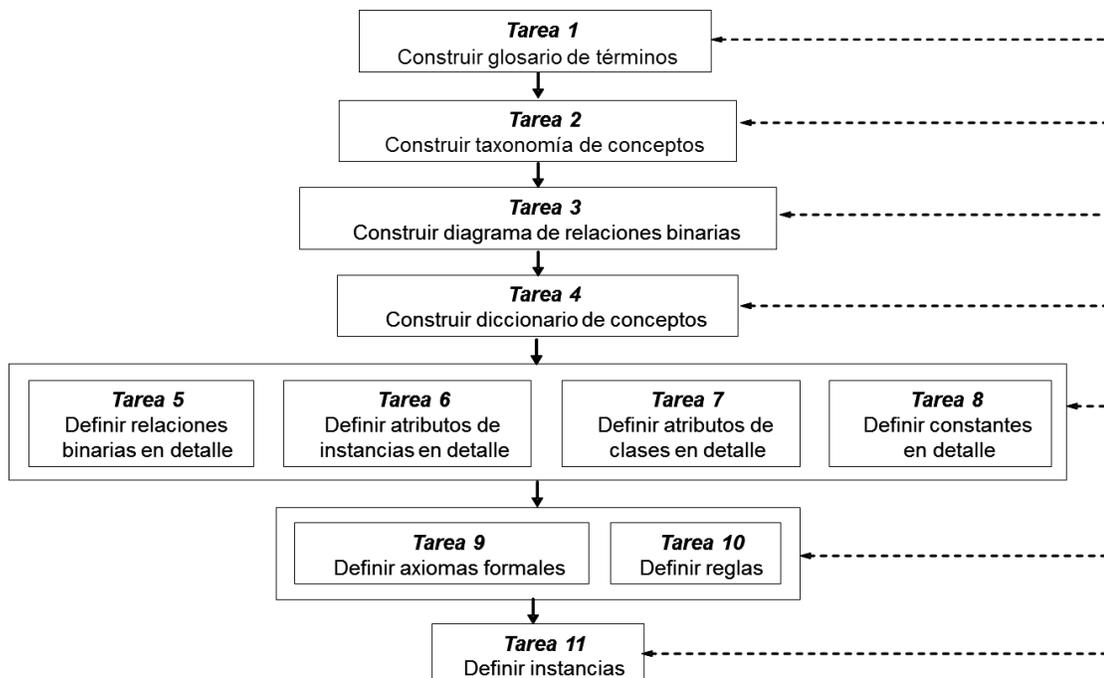


Figura 6. Tareas de Methontology
Fuente: (Corcho, Fernández, Gómez, & López, 2005)

Noy & McGuinness

Se enfoca en la definición de jerarquías de clases y propiedades de clases e instancias. Para el diseño de las clases proponen considerar las propiedades estructurales. La guía está constituida por 7 pasos:

1. Determinar el dominio y alcance de la ontología: se especifica de acuerdo a las siguientes preguntas ¿cuál es el dominio que la ontología cubrirá? ¿Para qué se usará la ontología? ¿Para qué tipos de preguntas, la información y el conocimiento de la ontología, deberá proveer respuestas? ¿Quién usará y mantendrá la ontología?
2. Considerar la reutilización de ontologías existentes: se examina lo que se ha hecho con anterioridad y se evalúa si se puede reutilizar
3. Enumerar los términos importantes: se listan los términos del vocabulario que describe el dominio y las propiedades que tienen esos términos
4. Definir clases y jerarquía de clases: se seleccionan los términos establecidos en el paso 3, los conceptos del dominio y se desarrolla una jerarquía
5. Definir propiedades de las clases slots: especificar la estructura interna de las clases, es decir las características que la conforman y sus relaciones entre ellas
6. Definir las facetas de los slots: por tipos de valor, valores admitidos, cantidad (cardinalidad), dominio y rango
7. Crear instancias: se crean individuos o ejemplos de las clases, para esto se selecciona una clase, y se rellenan los valores de los slot

2.3.3 Métodos de evaluación de ontologías

Todo desarrollo tecnológico necesita ser evaluado para su puesta en marcha, con el objeto de verificar que cumple con requisitos de calidad, esto también aplica para las ontologías. En donde se debe establecer un juicio técnico de su contenido con respecto a un marco de referencia (requerimientos, preguntas de competencia, entre otros) durante todas las fases de su ciclo de vida. Este proceso incluye la verificación y la validación de la ontología y debe llevarse a cabo en las definiciones y axiomas establecidos explícitamente en ella y en las que pueden ser inferidas desde otras aplicaciones.

Los criterios básicos para evaluar las ontologías son los siguientes:

- **Consistencia:** se refiere a si es posible obtener conclusiones contradictorias a partir de una entrada dada

- Completitud (incompletitud): todo lo que se supone debe estar, está colocado explícitamente o puede ser inferido. Cada definición es completa
- Precisión (conciso): no almacena definiciones innecesarias o inútiles y no existe redundancia entre definiciones

Existen autores que han definido criterios para evaluar ontologías, algunos de ellos son los siguientes:

- (Brewster, Alani, Srinandan, & Yorick, 2004): rigurosidad taxonómica, eficiencia en el contexto de una aplicación, congruencia entre la ontología y el conocimiento del dominio
- (Obrst, Werner, Mani, Ray, & Smith, 2007): representación de los individuos (consistencia y completitud), rendimiento de las tareas que usan la ontología grado de similitud con otras ontologías compatibilidad para realizar razonamiento automático
- (Porzel & Malaka, 2004): alcance del vocabulario (uso de conceptos adecuados), taxonomías apropiadas, relaciones semánticas
- (Ramos, Núñez, & Casañas, 2009): uso correcto del lenguaje, exactitud de la estructura taxonómica, validez del vocabulario, adecuación a requerimientos

La mayoría de los criterios mencionados consideran la taxonomía, el lenguaje y el vocabulario, pero haciendo comparación con otra ontología de referencia. Para el caso de ontologías sin referencia alguna (Ramos, Núñez, & Casañas, 2009) proponen un esquema de evaluación para ontologías únicas. Este criterio está compuesto por 4 fases:

Fase 1. Uso Correcto del Lenguaje: se evalúa la calidad de la ontología considerando la manera en cómo está escrita. Las actividades para esta fase son:

- Validar que el lenguaje cumpla con estándares para desarrollos ontológicos
- Evaluar sintácticamente la ontología en cada fase del desarrollo

Fase 2. Exactitud de la Estructura Taxonómica: la evaluación taxonómica considera el chequeo de inconsistencias, completitud y redundancia de los términos de la taxonomía. Los elementos a tomar en cuenta son: identificación de inconsistencias, completitud de conceptos y existencia de redundancias en clases, instancias y relaciones. Las actividades para esta fase son:

- Identificar inconsistencias: clases definidas como generalizaciones o especializaciones de sí mismas y conceptos que no pertenecen a una clase en particular

- Evaluar la completitud de los conceptos codificados en la ontología: ausencia de conceptos relevantes del dominio y omisión de conocimiento disjunto entre clases de la estructura
- Evaluar la existencia de redundancias en clases, instancias y relaciones: clases e instancias con diferentes nombres, pero definiciones similares y clases que tienen más de una relación de subclase

Fase 3. Validez del Vocabulario: en esta fase se evalúa el vocabulario usado para describir el conocimiento, utilizando el corpus del dominio construido a partir de una colección de páginas web consultadas en línea y literatura. Las actividades para esta fase son:

- Evaluar el vocabulario considerando medidas de calidad de resultados usadas en escenarios de recuperación de información (búsqueda de documentos), tales como la precisión y el recall (exhaustividad)
- Analizar el corpus del dominio: identificar, extraer y organizar (en una tabla) los términos significativos del dominio a partir de los documentos

Fase 4. Adecuación a Requerimientos: validar si la ontología implanta los requerimientos preestablecidos y si responde a las preguntas de competencia. Las actividades para esta fase son:

- Verificar que las especificaciones del documento de requerimientos se cumplan
- Verificar que las respuestas proporcionadas por la ontología a las preguntas de competencias sean correctas y pertinentes

Por otra parte, también existen esquemas de evaluación basados en métricas, es decir aquellos sistemas que utilizan diferentes cálculos, generalmente con base matemática, para valorar diversos aspectos de la ontología como los expuestos por (Senso, Mederos, & Velasco, 2011):

(Yao, Marck, Orme, & Etzkom, 2005): emplean un determinado número de métricas de cohesión específicamente creadas para su uso en ontologías. Están basadas en diferentes teorías matemáticas y analizan, fundamentalmente, la profundidad de la descripción en función del número de clases principales, subclases, notaciones formales, profundidad media del árbol taxonómico.

Otros sistemas de evaluación también emplean métricas diferentes, y, además, con objetivos distintos. Así, por ejemplo, OntoMetric(Lozano & Gómez, 2004), se centra más en analizar la posible reutilización de la ontología que la calidad de la misma. Para ello utiliza la jerarquía de procesos analíticos

como criterio para adoptar procesos de negocio a los ontológicos, analizando el contenido representado en la ontología, el lenguaje con que la ontología es implementada, la metodología con la que se llevó a cabo la construcción de la ontología, el software empleado y el costo de uso del sistema.

OntoQA(Tartir & Budak , 2007): método basado en métricas para la evaluación de ontologías. En OntoQA, las métricas (características) se dividen en dos grupos: las métricas de esquema que abordan el diseño del esquema de la ontología y las métricas de instancia que abordan la forma en que las instancias se organizan dentro de la ontología.

Métricas de esquema:

- Riqueza de Relaciones (RR): diversidad de tipos de relaciones presentes en la ontología. Una ontología que sólo contiene relaciones de subclase, transmite menos que una que contiene diversos tipos de relaciones
- Riqueza de Herencia (RH): describe la distribución de la información a través de los diferentes niveles de la ontología. Indica que tan bien se agrupan los conocimientos en las diferentes categorías y subcategorías
- Riqueza de Atributos (RA): la cantidad de atributos (slots) que se definen para las clases pueden calificar el diseño y la cantidad de información relativa a datos de la instancia

Métricas de base de conocimiento:

- Riqueza de Clases (RC): describe cómo las instancias están distribuidas a través de las clases, comparando la cantidad de clases instanciadas contra la cantidad total clases
- Importancia de Clases (IC_i): define el porcentaje de instancias que pertenecen a un subárbol de la base de conocimiento con raíz en la clase i , en comparación al número total de instancias de clase en la BC

2.4 Herramientas de desarrollo de ontologías

Los editores de ontologías son herramientas especializadas que apoyan la construcción de estas en base a un determinado lenguaje. Existen diversos editores de ontologías algunos de ellos son:

- Swood: es un editor de ontología, se destaca por su capacidad para resolver consultas SPARQL y por justificar las inferencias realizadas por su razonador (Pellet) por tanto es muy útil en la depuración de ontologías

- **OntoLingua:** desarrollada por el Knowledge Systems Laboratory (KSL) de la Universidad de Stanford. Facilita el desarrollo colaborativo de ontologías y proporciona un repositorio de las mismas. Incluye una API para integrar las ontologías del servidor con agentes preparados para Internet y su diseño modular, ofrece un conjunto de librerías que permiten a los usuarios ensamblar rápidamente una nueva ontología
- **Chimera:** proporciona un ambiente distribuido para navegar, crear, editar, modificar y usar ontologías. Utiliza diferentes formatos para la carga de las bases de conocimientos. Reorganiza taxonomías y resuelve conflictos de nombres y edición de términos
- **SemTalk:** contiene un ambiente gráfico para el modelado el Web Ontology Language (OWL). Ontologías OWL existentes pueden ser empleadas como así también RDFS y Topic Maps. Para controlar la consistencia durante el modelado se utiliza un razonador Open Source OWL PELLET. Otros razonadores útiles son Ontobroker, Cerebra, FACT o RACER
- **Protégé:** es un software libre de código abierto implementado en Java, desarrollado en la Universidad de Stanford, que permite la construcción de ontologías de dominio es usable, sencillo, el navegador web de Protégé permite a los usuarios compartir, navegar y editar sus ontologías utilizando un navegador web estándar, lo que proporciona un ambiente de colaboración que puede ayudar a las comunidades en el desarrollo de ontologías lo que implica una amplia documentación y soporte por parte de los usuarios

2.5 Lenguajes para el desarrollo de ontologías

XML (Extensible Markup Language): es un formato de texto simple, muy flexible derivado de SGML (ISO 8879). Originalmente diseñado para cumplir con los retos de la publicación electrónica a gran escala, XML también está desempeñando un papel cada vez más importante en el intercambio de una amplia variedad de datos en la web y en otros lugares. Este metalenguaje define una serie de normas básicas que permiten diseñar cualquier otro vocabulario de etiquetado para la web.

RDF (Resource Description Framework): RDF es un modelo estándar para el intercambio de datos en la web. En RDF se extiende la estructura de enlaces de la web para utilizar URI para nombrar la relación entre las cosas. El uso de este modelo simple, permite que los datos estructurados y semi-estructurados se mezclen, expongan y compartan a través de diferentes aplicaciones.

Esta estructura forma un gráfico marcado dirigido, donde los bordes representan el enlace de llamada entre dos recursos, representados por los

nodos del grafo. Esta *vista del gráfico* es el modelo mental más fácil posible para RDF y se utiliza a menudo en las explicaciones visuales fáciles de entender. (RDF, Grupo de Trabajo, 2014)

OWL (Web Ontology Language): es un lenguaje de marcado semántico desarrollado por la W3C para publicar y compartir ontologías sobre World Wide Web. Es una extensión del vocabulario de RDF y se deriva de DAML+OIL. OWL está diseñado para ser utilizado por aplicaciones que necesitan procesar el contenido de la información en lugar de sólo presentarla a las personas. OWL proporciona tres sub-lenguajes diseñados para ser utilizados por comunidades específicas de desarrolladores y usuarios. La característica que define a cada lenguaje es su expresividad, estos son OWL Lite, OWL DL, y OWL Full. (W3C, 2004)

2.6 Lenguaje de consulta SPARQL

SPARQL (Protocol and RDF Query Language) se trata de un lenguaje de interrogación que desde 2008 se ha convertido en un estándar oficial del W3C para la recuperación de sentencias a partir de fuentes de datos RDF. Básicamente, permite expresar patrones de tripletas que se utilizan para encontrar correspondencias en el conjunto de sentencias RDF de un grafo. Por tanto se puede decir que SPARQL es el SQL de RDF. Las formas de consulta son: SELECT, CONSTRUCT, ASK, DESCRIBE Y WHERE. (Soto, 2011).

Capítulo 3. Desarrollo de la ontología

Esta sección contiene la metodología utilizada para el desarrollo de la ontología, las reglas de identificación y la codificación de consultas en SPARQL.

Con el objeto de alcanzar conocimientos seguros y confiables, el desarrollo de la ontología se realizó con la metodología Methontology, la cual permite la construcción de ontologías a nivel de conocimiento.

3.1 Ontología de la familia Corduliidae

A continuación, se detallan las actividades de especificación, conceptualización, formalización y mantenimiento de Methontology:

3.1.1 Actividad de especificación

Se detalla el dominio, propósito, nivel de formalidad, alcance, usuarios, tipo de ontología, y fuentes de conocimiento.

Tabla 1. Especificación de requisitos

| | |
|--------------------------------|--|
| Dominio | Clase Insecta. Orden Odonata. Suborden Anisoptera |
| Propósito | Conceptualizar el dominio de los insectos de la familia Corduliidae del Orden Odonata |
| Nivel de Formalidad | Formal |
| Alcance | La ontología dará respuesta a las siguientes preguntas de competencia: 1. ¿Qué son los odonatos? 2. ¿Cuáles son los subórdenes del Orden Odonata? 3. ¿Cuáles son los insectos pertenecientes al sub orden Anisoptera? 4. ¿Cuáles son los géneros del suborden Anisoptera? 5. ¿Cuáles son las especies de la familia Corduliidae? 6. ¿Cuáles son las especies de un género específico? 7. Conociendo si tiene ganchos dorsales en la porción media, la forma de la placa frontal, si tiene espinas laterales abdominales anteriores en el segmento 8 y la protuberancia cónica ¿A qué género pertenece el ejemplar? 8. Conociendo el color de syntorax, la longitud del ala posterior, colocar de patas y longitud de pterostigma AA ¿Cuál es el ejemplar presente? |
| Usuarios | Biólogos y cualquier usuario interesado en el dominio de los odonatos |
| Tipo de Ontología | Ontología de Dominio |
| Fuentes de Conocimiento | Entrevistas, libros, revistas y portales web |

3.1.2 Actividad de conceptualización

Se organizó y representó el conocimiento en un modelo conceptual. El resultado obtenido es un mapa conceptual, glosario de términos, taxonomía de conceptos, diagrama de relaciones binarias, diccionario de conceptos, relaciones binarias, atributos de instancia, atributos de clases, constantes, axiomas formales, reglas e instancias.

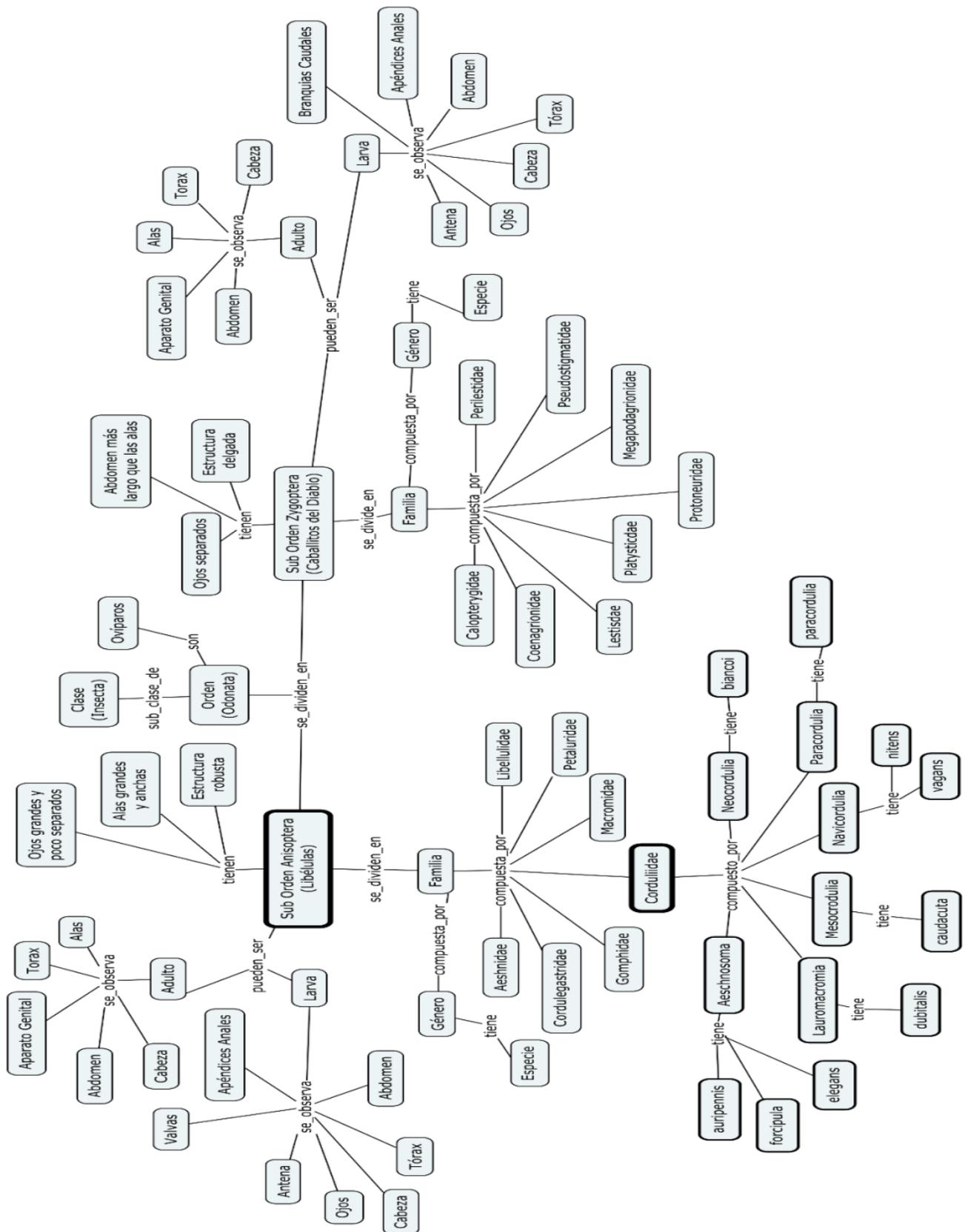


Figura 7. Modelo conceptual de los insectos acuáticos

En esta actividad se detallan las tareas de conceptualización de Methontology y los resultados obtenidos:

Tarea 1. Construir el glosario de términos

El glosario de términos contiene los términos más relevantes del dominio, sinónimos, acrónimos, descripción y tipo (clase, instancia, atributo, constante).

Tabla 2. Tarea 1 de Methontology. Glosario de términos

| Término | Sinónimo | Descripción | Tipo |
|----------------------|--------------------------|---|-------------------|
| Abdomen | -- | El último y usualmente más largo de las tres porciones del cuerpo de un insecto. Comienza luego del tórax. El abdomen está usualmente conformado por 8 u 11 segmentos | Clase |
| Adulto | -- | Organismo con una edad tal que ha alcanzado la capacidad de reproducirse | Clase |
| Aeschnosoma | -- | Insecto acuático, género de la familia Corduliidae | Instancia |
| Ala Anterior | -- | El ala más cercana a la cabeza que nace en el segundo segmento torácico | Atributo de clase |
| Ala Posterior | -- | Ala secundaria | Atributo de clase |
| Alas | -- | Cada uno de los órganos o apéndices pares que utilizan algunos animales para volar | Clase |
| Andromorfo | -- | Hembra similar al macho de la especie | Atributo de clase |
| Anisoptera | -- | Insectos del orden Odonata que no pueden plegar las alas sobre el abdomen. Se caracterizan por sus grandes ojos multifacetados | Instancia |
| Antena | -- | Apéndices multisegmentados | Clase |
| Aparato Genital | -- | Estructuras morfológicas utilizadas en la reproducción. | Clase |
| Apéndices anales | | Conjunto de estructuras que se ubican en el extremo distal del abdomen y que incluyen a los cercos y epiproctus en los anisópteros y cercos y paraproctus en zigópteros. | Atributo de clase |
| Apéndices Terminales | Garras, Apéndices Anales | Comúnmente referidos como garras. En machos, los apéndices se encuentran en la punta del abdomen. Los machos usan los apéndices anales para tomar a la hembra detrás de la cabeza o en el protórax manteniendo su posición durante el apareamiento. Cada especie tiene su propio set único de garras. Cuando la identificación se dificulta, conocer la forma de estos apéndices puede ser la única manera para identificar una especie | Atributo de clase |
| Arculus | -- | Pequeña nervadura basal que conecta la nervadura radial y la medial | Atributo de clase |
| Auripennis | -- | Insecto acuático, especie del género Aeschnosoma | Atributo de clase |
| Biancoi | -- | Insecto acuático, especie del género Neocordulia | Instancia |
| Branquias | -- | Estructura respiratoria por la cual se obtiene oxígeno | Atributo de clase |
| Branquias Caudales | -- | Los apéndices traseros de la larva utilizados para movimiento y respiración. Usualmente planos y anchos | Atributo de clase |
| Cabeza | -- | Primera gran región del cuerpo de los insectos. | Clase |
| Cadera | -- | Conecta la pata al cuerpo | Atributo de clase |
| Caudacuta | -- | Insecto acuático, especie del género Mesocordulia | Instancia |
| Celdas | -- | Conexiones transversales que forman espacios cerrados en la membrana del ala. Muy resaltante en Odonata, pero no específico. Pueden definirse también como áreas encerradas por las venas | Atributo de clase |

| | | | |
|-------------------|---------------------|--|-------------------|
| Cerco | -- | Apéndices, a menudo sensoriales, del último segmento abdominal | Atributo de clase |
| Ciclo de vida | -- | Etapas de la vida de los insectos | Atributo de clase |
| Corduliidae | Libélulas esmeralda | Son libélulas de color normalmente negro o marrón oscuro con áreas de verde o amarillo metálicos, y la mayoría tienen grandes ojos color esmeralda | Instancia |
| Costa | -- | Vena frontal que forma el borde del ala | Atributo de clase |
| Crenulación | | Un tipo de plegamiento regular con una longitud de onda de 1 cm o menor | Atributo de clase |
| Cuerno posternal | -- | Apéndice con forma de cuerno encontrado en el lado ventral, localizado detrás de la cabeza y encima del primer par de patas conectadas al tórax | Atributo de clase |
| Diente | -- | Es una estructura anatómica calcificada que se localiza en la cavidad oral de múltiples especies de vertebrados y que tiene como principal función la masticación | Atributo de clase |
| Dubitalis | -- | Insecto acuático, especie del género Lauromacromia | Instancia |
| Elegans | -- | Insecto acuático, especie del género Aeschnosoma | Instancia |
| Epiprocto | | Es el flagelo central en la parte posterior del abdomen de las efímeras y tisanuros. Consiste en un esclerito dorsal al orificio anal, derivado del XI segmento abdominal. Su función es proteger dorsalmente el ano | Atributo de clase |
| Especie | -- | Son el conjunto de organismos o poblaciones naturales capaces de entrecruzarse y de producir descendencia fértil | Clase |
| Espinas laterales | -- | Proceso tegumental que sobrepasa la cutícula en forma de espina | Atributo de clase |
| Exuvia | -- | Exoesqueleto producto de una muda de la larva. General para Insectos | Atributo de clase |
| Familia | -- | Cada orden de insectos está dividido en grupos más pequeños llamadas familias. Las especies dentro de cada familia son más similares y más relacionadas entre sí que otras especies en otra familia perteneciente al mismo orden | Clase |
| Fémur | -- | La sección más larga de las patas. Es la más pesada y similar al muslo humano. Es peluda o Espinosa para mejor agarre | Atributo de clase |
| Forcipula | -- | Insecto acuático, especie del género Aeschnosoma | Instancia |
| Ganchos dorsales | -- | Proceso tegumental que sobrepasa la cutícula en forma de gancho | Atributo de clase |
| Género | -- | Categoría taxonómica que se ubica entre la familia y la especie; así, un género es un grupo de organismos que a su vez puede dividirse en varias especies | Clase |
| Hialino | -- | Término utilizado para describir las alas de los odonatos, significa claro o transparente | Atributo de clase |
| Labio | -- | Estructura que resulta de las segundas maxilas, formando el piso de la boca en insectos mandibulados, detrás de las primeras maxilas. Parte inferior que puede extenderse y retraerse para capturar y comer presas | Atributo de clase |
| Labrum o labro | -- | El labio superior, a continuación de cípeo en el frente de la boca. Ayuda en despedazar la comida | Atributo de clase |
| Lamela | -- | Estructura parecida a una hoja ubicada al final del abdomen | Atributo de clase |
| Larva | Ninfa | Estado inmaduro de los insectos homometabolos, se puede añadir la definición de homo y hemimetabolo | Clase |
| Lauromacromia | -- | Insecto acuático, perteneciente a la familia Corduliidae | Instancia |
| Lobulo | | Es una parte de la corteza cerebral que subdivide el cerebro según sus funciones | Atributo de clase |
| Mandíbulas | -- | Las mandíbulas consisten en labios superiores e inferiores que rodean la boca. Las mandíbulas superiores (mandibulae) y las mandíbulas inferiores (maxillae). Las mandíbulas tienen dientes y se mueven de lado a lado despedazando la presa | Atributo de clase |

| | | | |
|-------------------|----|--|-------------------|
| Máscara labial | -- | Parte del labio que cubre parte de la cabeza | Atributo de clase |
| Maxila | -- | Las partes bucales que están localizados entre la mandíbula y el labio inferior | Atributo de clase |
| Mentón | -- | Pieza bucal en la parte ventral de la cabeza | Atributo de clase |
| Mesocordulia | -- | Insecto acuático perteneciente a la familia Corduliidae | Instancia |
| Mesonoto | -- | Superficie dorsal del segundo segmento torácico | Atributo de clase |
| Mesotorax | -- | Segmento torácico medio. Tiene un par de alas y un par de patas | Atributo de clase |
| Metafemora | | Las partes posteriores del fémur artrópodo | Atributo de clase |
| Metamorfosis | -- | Serie de cambios a través de los cuales un insecto crece desde huevo hasta el estado adulto | Atributo de clase |
| Metastemo | -- | Partes ventrales del último segmento torácico | Atributo de clase |
| Metatarso | -- | Último segmento de la pata | Atributo de clase |
| Metatorax | -- | Último segmento del tórax. Tiene un par de alas y un par de patas | Atributo de clase |
| Navicordulia | -- | Insecto acuático perteneciente a la familia Corduliidae | Instancia |
| Nayade | -- | Estado inmaduro de insectos hemimetabolos | Instancia |
| Neocordulia | -- | Insecto acuático perteneciente a la familia Corduliidae | Instancia |
| Nitens | -- | Insecto acuático, especie del género Navicordulia | Instancia |
| Nodo | -- | La indentación en la vena costa | Atributo de clase |
| Noto | -- | Superficie dorsal del segmento torácico del cuerpo | Atributo de clase |
| Occipucio | -- | La parte trasera de la cabeza entre el vértice y el cuello. El epiprocto del macho puede accidentalmente abrir hoyos en esta área de la hembra durante el apareamiento. Solo ocurre algunas veces | Atributo de clase |
| Ojos | -- | Órgano visual de los insectos. Pueden ser simples o compuestos | Atributo de clase |
| Ovíparo | -- | Animal que nace a partir de un huevo dejado por la madre | Atributo de clase |
| Ovipositor | -- | Los genitales de la hembra usados para depositar huevos encontrados en la punta del abdomen. Está localizado debajo del abdomen S8-10. Se dificulta ver este órgano sin haber capturado el insecto y usado magnificación. La forma del ovopositor tiene relevancia en cómo se depositan los huevos | Atributo de clase |
| Paracordulia | -- | Insecto acuático perteneciente a la familia Corduliidae | Instancia |
| Paracordulia ESP | -- | Insecto acuático, especie del género Paracordulia | Instancia |
| Paraprocto | | Cualquiera de los lóbulos adyacentes al ano en algunos insectos o diplópodos | Atributo de clase |
| Patas | -- | Son apéndices articulados usados para caminar o nadar | Clase |
| Posición Obelisco | -- | Postura con el abdomen levantado casi verticalmente para minimizar la exposición al sol | Atributo de clase |
| Prementón | | Porción del labio que representa a los estípites fusionados del segmento par de maxilas de los insectos primitivos | Atributo de clase |
| Pronoto | -- | Escudo con forma de plato que cubre la parte superior del tórax | Atributo de clase |
| Protórax | -- | Primer segmento localizado en el frente del cuerpo. Esta pequeña sección conecta la cabeza al cuerpo. En el protórax está el primer par de patas, también permite mantener el equilibrio durante el vuelo | Atributo de clase |

| | | | |
|------------------------|-------------------------------------|---|-------------------|
| Protuberancia biconica | | Elevación o bulto redondeado que sobresale de una superficie en forma de dos conos colocados juntos vértice a vértice | Atributo de clase |
| Protuberancia cónica | | Elevación o bulto redondeado que sobresale de una superficie en forma de cono | Atributo de clase |
| Pterostigma | -- | Celdilla en la parte externa de las alas transversales gruesas convergentes. Celda discal | Atributo de clase |
| Segmentos Abdominales | -- | Las diez partes que conforman el abdomen. Uniones entre segmentos permiten doblarse fácilmente, esto es importante cuando se aparean y depositan sus huevos. Usualmente se enumeran de S1 a S10 desde el tórax hasta la punta. Estos segmentos usualmente muestran varios patrones de coloración vitales para la identificación de ciertas especies | Atributo de clase |
| Seta | | Son los esporocarpos, o cuerpos fructíferos, de un conjunto de hongos pluricelulares (basidiomicetos) que incluye muchas especies. Suelen crecer en la humedad que proporciona la sombra de los árboles, pero también en cualquier ambiente húmedo y con poca luz | Atributo de clase |
| Subtriángulo | | Espacio más o menos triangular en las alas anteriores, situado al lado del triángulo y puede estar formado por una o varias celdillas | Atributo de clase |
| Syntorax | Pterotórax | Región del tórax que resulta de la fusión del meso y metatórax, que en los odonatos forma casi todo el tórax, portando los pares de alas y los cuatro pares de patas posteriores | Atributo de clase |
| Tarso | -- | Incluye los tres segmentos y una garra al final de la pata. Juntos forman la forma de la pata | Atributo de clase |
| Tibia | -- | Segunda sección de la pata. Es peluda o espinosa y se usa para capturar presas | Atributo de clase |
| Tórax | -- | Parte intermedia de las tres en las que se divide el cuerpo del insecto. En él están las patas y las alas, si están presentes. Se divide en protórax, mesotórax y metatórax | Clase |
| Triángulo | Triángulo discoidal, Discoidal cell | Espacio triangular ubicado en la región basal de las alas en el suborden Anisoptera. Puede estar constituido por una o varias celdillas | Atributo de clase |
| Triangulo alar | -- | Es una celda triangular en la base del ala formada por una nervadura cubital y dos nervaduras | Atributo de clase |
| tubérculo | | Parte de un tallo subterráneo o de una raíz que se desarrolla y se engruesa por acumular en sus células sustancias de reserva | Atributo de clase |
| Vagans | | Insecto acuático, especie del género Navicordulia | Instancia |
| Valvas | -- | Cada una de las piezas sólidas y duras que constituyen la concha de los moluscos bivalvos y algunos invertebrados: las valvas se unen y mueven por la acción de músculos internos | Atributo de clase |
| Vena cruzada | -- | Vena corta que une dos venas longitudinales | Atributo de clase |
| Vena humeral | -- | Vena cruzada pequeña que va de la costa a la subcostal en la región humeral del ala | Atributo de clase |
| Venación | -- | Distribución de los nervios en las alas. Importante para determinar géneros | Atributo de clase |
| Venación del ala | -- | Se refiere al patrón de las venas en el ala | Atributo de clase |
| Venas antenodales | | Venas transversales situadas en la región costal del ala, entre la base y el nodus | Atributo de clase |
| Venas cubitales | | Son venas comitantes de la arteria cubital. Drenan principalmente la cara medial del antebrazo. Estas venas se originan en la mano y terminan en la unión con las venas radiales, a nivel del codo, para formar las venas braquiales | Atributo de clase |
| Venas postnodales | | Venas transversales situadas en la región costal del ala, entre el nodus y el pterostigma | Atributo de clase |
| Zygotera | -- | Suborden de Odonata, conocidos como caballitos del diablo. Caracterizada por alas (anteriores y posteriores) similares en forma que se doblan al cuerpo en descanso, ojos muy separados y cuerpos pequeños y delgados | Instancia |

Tarea 2. Taxonomía de conceptos

Se selecciona del glosario aquellos términos que son conceptos y se organizan jerárquicamente.

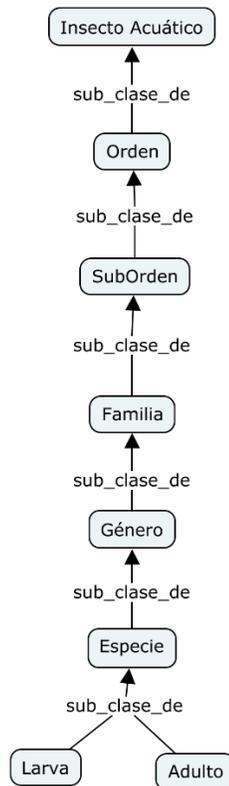
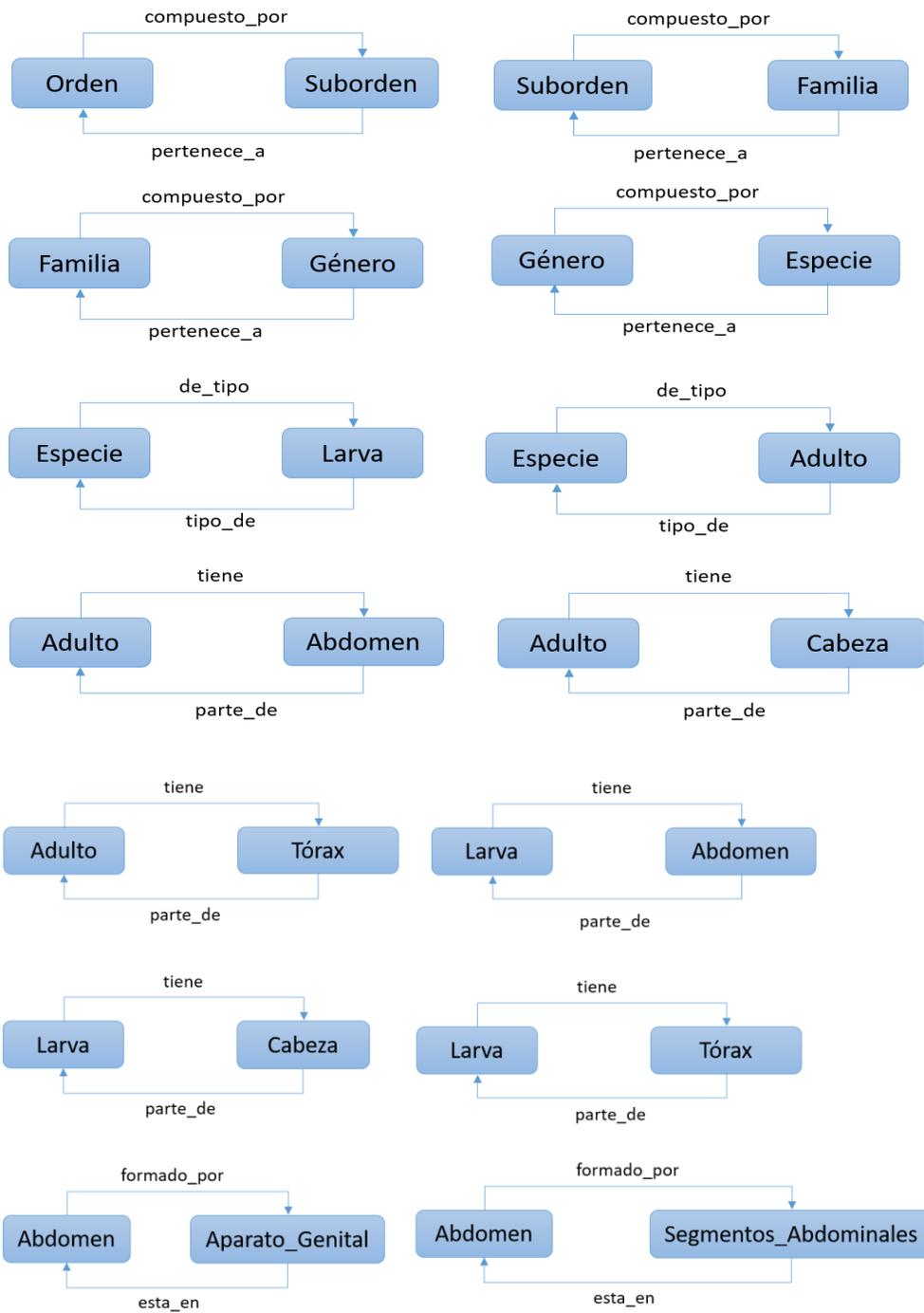


Figura 8. Taxonomía de conceptos

Tarea 3. Diagrama de relaciones binarias

El objeto del diagrama es establecer las relaciones entre los conceptos del dominio. (Ver figura 9)



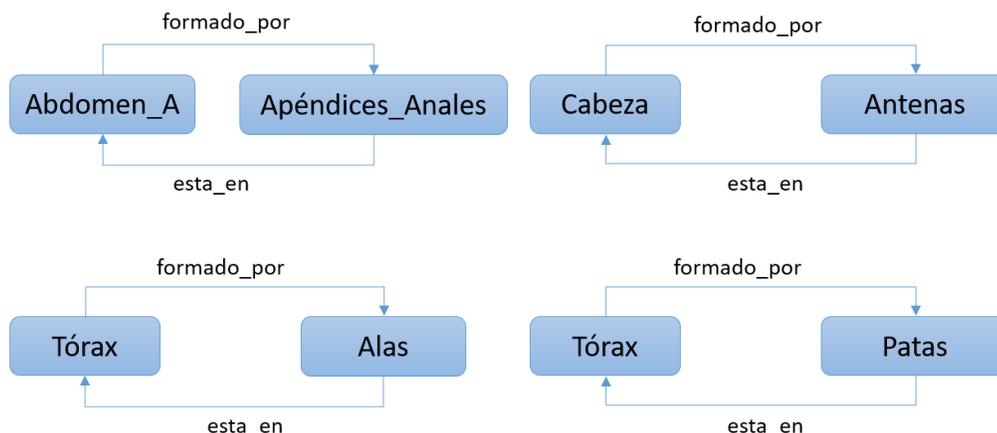


Figura 9. Diagrama de relaciones binarias del dominio

Tarea 4. Diccionario de conceptos

Se especifican cuáles son las propiedades que describen cada concepto de la taxonomía, las relaciones del diagrama de relaciones binarias y las instancias de cada uno de los conceptos.

Tabla 3. Diccionario de conceptos

| Concepto | Instancias | Atributos de Clase | Relaciones |
|----------|---|--|--|
| Orden | Odonata | ciclo_de_vida | orden_compuesto_por_suborden |
| Suborden | Anisoptera | ciclo_de_vida | suborden_compuesto_por_familia |
| Familia | Corduliidae | ciclo_de_vida | familia_compuesta_por_genero familia_pertenece_a_orden |
| Género | Aeschnosoma Lauromacromia Mesocordulia Navicordulia Neocordulia Paracordulia | ganchos_dorsales_porcion_media_S cantidad_celulas_entre_lazo_anal_mar genPosterior_ala cantidad_celulas_primeraFila_lazo_an al cantidad_filas_campoDiscoidal_AA cantidad_filas_celulas_area_anal_AP cantidad_venas_AA_antenodales cantidad_venas_AA_postnodales cantidad_venas_AP_antenodales cantidad_venas_AP_postnodales cantidad_venas_transversales_anteno dales_AA cantidad_venas_transversales_anteno dales_AP cantidad_venas_transversales_cubitoo nales_AA cantidad_venas_transversales_cubitoo nales_AP espinas_laterales_abdominales_S8 espinas_laterales_Abdominales_S9 espinas_laterales_abdominales _S9_divergentes espinas_laterales_abdominales_anti ores_S8 espinas_laterales_abdominales_S8 forma_apendice_anal_inferior forma_apendice_anal_superior | genero_compuesto_por_especie genero_pertenece_a_familia |

| | | | |
|---------|---|--|--|
| | | <p>forma_apice_laterales_abdominales_S9</p> <p>forma_escama_vulvar</p> <p>forma_lazo_anal</p> <p>forma_vena_MA</p> <p>forma_vena_RP3-4</p> <p>logitud_apendice_anal_inferior</p> <p>logitud_apendice_anal_superior</p> <p>logitud_escama_vulvar</p> <p>logitud_espina_lateral_S9_abdominal</p> <p>logitud_lazo_anal</p> <p>logitud_metafemora</p> <p>margen_posterior_lateral_occipicio</p> <p>placa_frontal</p> <p>protuberancia_biconica_prominente_sternum_S8</p> <p>protuberancia_conica</p> <p>sectores_arculus_AP</p> <p>setas</p> <p>subtriangulos_AA</p> <p>triangulos_AA</p> <p>triangulos_AP</p> <p>ubicacion_nodo</p> <p>ubicacion_nodo_AA</p> <p>ubicacion_vena_MA</p> <p>ubicacion_vena_RP3-4</p> | |
| Especie | <p>A.Auripennis</p> <p>A.Elegans</p> <p>A.Forcipula</p> <p>L.Dubitalis</p> <p>M.Caudacuta</p> <p>N.Nitens</p> <p>N.Vagans</p> <p>NE.Biancoi</p> <p>P.Paracordulia</p> | <p>apendice_anal_presenta_curvatura_hacia_exterior</p> <p>apices_apendices_pronunciados_divergentes</p> <p>cantidad_celulas_lazo_anal</p> <p>cantidad_crenulaciones_margen_externo</p> <p>cantidad_filas_celulas_area_anal_AP</p> <p>cantidad_procesos_laterales_romos_segmento_basa_pene</p> <p>cantidad_setas_curvas_entre_antenas</p> <p>cantidad_setas_lobulo_lateral</p> <p>cantidad_setas_mentanles_en_labio</p> <p>cantidad_setas_robustas_en_margen_premetón</p> <p>cantidad_venas_cubitales_atravesadas_AP</p> <p>cantidad_venas_cubitoanales_AP</p> <p>cantidad_venas_transversales_postnodaes_AA</p> <p>cantidad_venas_transversales_postnodaes_AP</p> <p>color_abdomen</p> <p>color_alas</p> <p>color_apendice_anal</p> <p>color_cabeza</p> <p>color_patas</p> <p>color_syntorax</p> <p>color_tibia</p> <p>color_vena_costa_del_ala</p> <p>depresiones_en_S10_abdominal</p> <p>distancia_entre_ojos</p> <p>epiprocto_mas_corto_que_paraprocto</p> <p>epiprocto_mas_largo_que_cercos</p> <p>espinas_laterales_rectas_S8_abdominal</p> <p>forma_apendice_anal_inferior</p> <p>forma_apice_lobulo_genital</p> <p>forma_apices_apendices</p> <p>forma_depresiones_en_S10_abdominal</p> | <p>especie_pertenece_a_genero</p> <p>especie_de_tipo_adulto</p> <p>especie_de_tipo_larva</p> |

| | | | |
|----------------------------|----|---|----------|
| | | forma_lamina_vulvar forma_lamina_vulvar_9S_ventralmente forma_rayas_metepimerales forma_setas identacion_concava_en_margen_exter no longitud_abdomen longitud_abdominal_con_apendices longitud_AP longitud_apendice_anal longitud_apendice_anal_inferior longitud_apendice_anal_superior longitud_apendice_superior_anal longitud_espina_lateral_S9_abdominal longitud_parte_distal_apendice_anal_s in_quilla longitud_pteroestigma longitud_pteroestigma_AA longitud_pteroestigma_AP longitud_quilla_tibia_media longitud_ramal_medio_hamulo longitud_S10_abdominal longitud_setas longitud_total_ejemplar marcas_oscuras_SD_6to_al_9_segme nto presenta_grandes_dientes presenta_parches_setas_largas presentan_manchas_S8_S9 setas setas_curvas_entre_antenas tuberculo_en_lado_ventral_apendice_a nal_superior tuberculo_superficie_ventrolateral_ape ndice_anal_superior | |
| Adulto | -- | -- | tiene |
| Larva | -- | -- | tiene |
| Cabeza | -- | -- | parte_de |
| Tórax | -- | -- | parte_de |
| Abdomen | -- | -- | parte_de |
| Alas | -- | -- | esta_en |
| Antenas | -- | -- | esta_en |
| Aparato Genital | -- | -- | esta_en |
| Patatas | -- | -- | esta_en |
| Apendices_An ales | -- | -- | esta_en |
| Segmentos_A bdomminales | -- | -- | esta_en |

Tarea 5. Relaciones binarias

Para cada relación binaria se especifica el nombre, concepto origen y destino, cardinalidad y relación inversa, si existe.

Tabla 4. Relaciones binarias

| Nombre relación | Concepto origen | Concepto destino | Card | Relación inversa |
|-----------------|-----------------|------------------|------|------------------|
| compuesto_por | Orden | Suborden | 1:N | pertenece_a |
| compuesto_por | Suborden | Familia | 1:N | pertenece_a |
| compuesto_por | Familia | Género | 1:N | pertenece_a |
| compuesto_por | Género | Especie | 1:N | pertenece_a |

| | | | | |
|-------------|---------------|-----------------------|-----|----------|
| de_tipo | Especie | Larva | 1:N | tipo_de |
| de_tipo | Especie | Adulto | 1:N | tipo_de |
| Tiene | Adulto, Larva | Abdomen | 1:1 | parte_de |
| Tiene | Adulto, Larva | Cabeza | 1:1 | parte_de |
| Tiene | Adulto, Larva | Tórax | 1:1 | parte_de |
| formado_por | Abdomen | Aparato_Genital | 1:1 | esta_en |
| formado_por | Abdomen | Segmentos_Abdominales | 1:N | esta_en |
| formado_por | Abdomen_A | Apéndices_Anales_A | 1:N | esta_en |
| formado_por | Cabeza | Antenas | 1:N | esta_en |
| formado_por | Tórax | Alas | 1:N | esta_en |
| formado_por | Tórax | Patatas | 1:N | esta_en |

Tarea 6. Atributos de instancia

No se encontraron atributos de instancia

Tarea 7. Atributos de clases

Tabla 5. Atributos de clase

| Nombre | Concepto donde es definido | Tipo | Valor |
|--|-------------------------------|--------|--|
| ganchos_dorsales_porcion_media_S | Género Larva | String | -Si -No |
| cantidad_celulas_entre_lazo_anal_margenPosterior_ala | Género, Adulto | String | -1 -mayor a 1 |
| cantidad_celulas_primeraFila_lazo_anal | Género, Adulto | String | -2 - 3 |
| cantidad_filas_campoDiscoidal_AA | Género, Adulto | String | -de 1 a 4 filas distalmente -2 filas de células a todo lo largo |
| cantidad_filas_celulas_area_anal_AP | Género, Especie, Adulto | String | -2 a 4 -3 ó 4 -2 -2 o raramente 3 -4 |
| cantidad_venas_AA_antenodales | Género, Adulto | String | 11 a 20 |
| cantidad_venas_AA_postnodales | Género, Adulto | String | 5 a 11 |
| cantidad_venas_AP_antenodales | Género, Adulto | String | 7 a 14 |
| cantidad_venas_AP_postnodales | Género, Adulto | String | 8 a 14 |
| cantidad_venas_transversales_antenodales_AA | Género, Especie, Adulto | String | -10 u 11 -16 a 20 -18 |
| cantidad_venas_transversales_antenodales_AP | Género, Adulto | String | 6 o 7 |
| cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AA | Género, Adulto | String | 1 a 2 |
| cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AP | Género, Adulto | String | 1 a 2 |
| espinas_laterales_abdominales_S8 | Género, Larva | String | No muy desarrolladas |
| espinas_laterales_abdominales_S9 | Género Larva | String | -Muy desarrolladas -No muy desarrolladas -Poco desarrolladas |
| espinas_laterales_abdominales_S9_divergentes | Género, Larva | String | -Si -No |
| espinas_laterales_abdominales_anteriores_S8 | Género, Larva | String | -Si -No |

| | | | |
|--|---|--------|--|
| forma_apendice_anal_inferior | Género, Especie, Adulto | String | -De ovalado a triangular con el ápice truncado y frecuentemente bifido - Triangular con un ápice redondeado - Puntigudo |
| forma_apendice_anal_superior | Género, Adulto | String | Redondeado y se curva hacia adentro en el ápice |
| forma_apice_laterales_abdominales_S9 | Género, Larva | String | -Volteados -No volteados |
| forma_escama_vulvar | Género, Adulto | String | - Triangular con un ápice redondeado - Redondeada y con una depresión en la parte media |
| forma_lazo_anal | Género, Adulto | String | - Alargado y algunas veces truncado en la parte final apical - Abreviado - Ligeramente truncado |
| forma_vena_MA | Género, Adulto | String | -Onduladas -No onduladas |
| forma_vena_RP3-4 | Género, Adulto | String | -Onduladas -No onduladas |
| logintud_apendice_anal_inferior | Género, Adulto | String | -Menor o igual al apéndice superior - Igual de largo al apéndice superior Y no es 4/5 el largo del apéndice superior |
| longitud_apendice_anal_superior | Género, Especie, Adulto | String | -Más largo que el inferior -Igual al inferior |
| longitud_escama_vulvar | Género, Adulto | String | -Corta - No sobrepasa el final del abdomen |
| longitud_espina_lateral_S9_abdominal | Género, Especie, Larva | String | - Sobrepasa el ápice de pirámide anal - No sobrepasa el ápice de pirámide anal - 4 o 5 veces la sumatoria de la longitud media dorsal del 9no y 10mo segmento abdominal - Igual o menor a tres veces la sumatoria de la longitud media dorsal del 9no y 10mo segmento abdominal |
| longitud_lazo_anal | Género, Adulto | String | - Alcanza nivel de ramificación de RP o la sobrepasa -Escasamente se prolonga más allá del triángulo |
| longitud_metafemora | Género, Adulto | String | - Igual o menor a 6.8 mm -Igual o mayor a 7.2 mm |
| margen_posterior_lateral_occipicio | Género, Larva | String | - Separados dorsalmente por un tubérculo de espinas - No separados dorsalmente por un tubérculo de espinas |
| placa_frontal | Género, Larva | String | -Prominente -Más reducida |
| protuberancia_biconica_prominente_sternum_S8 | Género, Adulto | String | -Si -No |
| protuberancia_conica | Género, Larva | String | -Si -No |
| sectores_arculus_AP | Género, Adulto | String | No están conectados en su origen |
| setas | Género, Especie, Larva, Adulto | String | -Si -No |
| subtriangulos_AA | Género, | String | -Libres |

| | | | |
|--|-----------------|--------|---|
| | Adulto | | -Divididos en 2 ó 3 células |
| triangulos_AA | Género, Adulto | String | -Libres -Divididos en 2 ó 3 células - Raramente reticulados |
| triangulos_AP | Género, Adulto | String | -Localizado en el arculus o próximo a él -Libres -Ligeramente distal al arculus |
| ubicacion_nodo | Género, Adulto | String | Mitad distal del ala |
| ubicacion_nodo_AA | Género, Adulto | String | A $\frac{3}{5}$ de la longitud desde la base |
| ubicación_vena_MA | Género, Adulto | String | Paralelas o ligeramente divergentes |
| ubicación_vena_RP3-4 | Género, Adulto | String | Paralelas o ligeramente divergentes |
| apendice_anal_presenta_curvatura_hacia_exterior | Especie, Adulto | String | -Si -No |
| apices_apendices_pronunciados_divergentes | Especie, Adulto | String | -Si -No |
| cantidad_celulas_lazo_anal | Especie, Adulto | String | -30 -24 a 26 |
| cantidad_crenulaciones_margen_externo | Especie, Larva | String | -12 - 9 a 15 |
| cantidad_procesos_laterales_romos_segmento_basa_pene | Especie, Adulto | String | 2 |
| cantidad_setas_curvas_entre_antenas | Especie, Larva | String | - 2 hileras y dos grupos de 4 a 5 -Dos grupos de 7 |
| cantidad_setas_lobulo_lateral | Especie, Larva | String | -7 -8 |
| cantidad_setas_mentanles_en_labio | Especie, Larva | String | 10 |
| cantidad_setas_robustas_en_margen_prementon | Especie, Larva | String | Menor o igual a 20 |
| cantidad_venas_cubitales_atravesadas_AP | Especie, Adulto | String | 4 a 5 |
| cantidad_venas_cubitoanales_AP | Especie, Adulto | String | 2 |
| cantidad_venas_transversales_postnodales_AA | Especie, Adulto | String | 10 |
| cantidad_venas_transversales_postnodales_AP | Especie, Adulto | String | 12 a 14 |
| color_abdomen | Especie, Adulto | String | Oscuro |
| color_alas | Especie, Adulto | String | Hialinas o uniformemente marrón claras |
| color_apendice_anal | Especie, Adulto | String | Pálido |
| color_cabeza | Especie, Adulto | String | Roja – Marrón |
| color_patas | Especie, Adulto | String | - Ligeramente rojizas / marrones - Marrón oscuro o negras |
| color_syntorax | Especie, Adulto | String | -Marrón -Bandas laterales amarillas |
| color_tibia | Especie, Adulto | String | Negra |
| color_vena_costa_del_ala | Especie, Adulto | String | Oscura |
| depresiones_en_S10_abdominal | Especie, Adulto | String | -Si -No |
| distancia_entre_ojos | Especie, Adulto | String | Más de 1.5 mm |
| epiprocto_mas_corto_que_paraprocto | Especie, Larva | String | -Si -No |
| epiprocto_mas_largo_que_cercos | Especie, Larva | String | -Si -No |
| espinas_laterales_rectas_S8_abdominal | Especie, Larva | String | -Si |

| | | | |
|--|------------------------|--------|--|
| | | | -No |
| forma_apice_lobulo_genital | Especie, Adulto | String | Muy delgado |
| forma_apices_apendices | Especie, Adulto | String | Muy finos |
| forma_depresiones_en_S10_abdominal | Especie, Adulto | String | Pronunciadas a cada lado de la cresta medio dorsal |
| forma_lamina_vulvar | Especie, Adulto | String | No es simétrica con una muesca muy grande en el medio del margen posterior |
| forma_lamina_vulvar_9S_ventralmente | Especie, Adulto | String | Parece un lóbulo simple con una incisión media profunda |
| forma_rayas_metepimerales | Especie, Adulto | String | Continuas |
| forma_setas | Especie, Adulto | String | Pelos en la mitad de la parte apical |
| identacion_concava_en_margen_externo | Especie, Adulto | String | -Si -No |
| longitud_abdomen | Especie, Larva, Adulto | String | - 28.9 mm - 39.5 a 40 mm - 38 a 40 mm - 25.5 mm - dos veces más largo que ancho - 44 a 46 mm |
| longitud_abdominal_con_apendices | Especie, Adulto | String | -49 mm -37 mm -36.5 mm -35 a 40 mm |
| longitud_AP | Especie, Adulto | String | - 41 a 44mm -36.5 a 38 mm -33 mm -33 a 38 mm -46 mm -31.5 mm -28 mm -41 a 42 mm -41 mm -32 mm |
| longitud_apendice_anal | Especie, Adulto | String | -1.6 a 2 mm - 2.5 a 2.9 mm |
| longitud_apendice_anal_inferior | Especie, Adulto | String | Igual de largo al apéndice superior y no es 4/5 el largo del apéndice superior |
| longitud_apendice_superior_anal | Especie, Adulto | String | Aproximadamente 2 veces tan largo como el S10 abdominal |
| longitud_parte_distal_apendice_anal_sin_quilla | Especie, Adulto | String | - Más corto que la parte proximal con quilla -Aproximadamente ¼ la longitud de la parte proximal con quilla |
| longitud_pteroestigma | Especie, Adulto | String | Mínimo de 3 mm de largo |
| longitud_pteroestigma_AA | Especie, Adulto | String | -2.3 mm -3mm -2 a 2.2 mm -1.6 mm |
| longitud_pteroestigma_AP | Especie, Adulto | String | -2 a 2.2 mm -2.1 mm -3mm |
| longitud_quilla_tibia_media | Especie, Adulto | String | - Más corta de 10% de la longitud total de la tibia |
| longitud_ramal_medio_hamulo | Especie, Adulto | String | - Muy reducida |
| longitud_S10_abdominal | Especie, Adulto | String | - Igual al apéndice anal superior |
| longitud_setas | Especie, Adulto | String | Largas |

| | | | |
|--|---------------------------|--------|---|
| longitud_total_ejemplar | Especie, Larva, Adulto | String | -27 mm -24mm - 52 a 53 mm - 47 a 51 mm - 65 mm - 43.5 mm - 30 mm - 53.5 a 54 mm - 49 mm |
| marcas_oscuras_SD_6to_al_9_segmento | Especie, Larva | String | -Si -No |
| presenta_grandes_dientes | Especie, Adulto | String | -Si -No |
| presenta_parches_setas_largas | Especie, Adulto | String | -Si -No |
| presentan_manchas_S8_S9 | Especie, Adulto | String | -Si -No |
| setas_curvas_entre_antenas | Especie, Larva | String | -Si -No |
| tuberculo_en_lado_ventral_apendice_anal_superior | Especie, Adulto | String | -Si -No |

Tarea 8. Constantes

La tarea no aplica para el dominio

Tarea 9. Axiomas formales

Tabla 6. Axiomas formales

| Nombre | Descripción | Concepto | Relación |
|---------------|---|---|-----------|
| Un solo Orden | Un insecto pertenece solo a un Orden. | Insecto Acuático | -- |
| Pertenencia | Una Familia solo puede pertenecer a un Orden. Un Género solo puede pertenecer a una Familia. Una Especie solo puede pertenecer a un Género. | Orden Suborden Familia Género Especie | Pertenece |

Tarea 10. Reglas

Tabla 7. Reglas de identificación

| Reglas para larvas de los géneros de la familia Corduliidae | | | |
|---|---|--|-----------------|
| Nombre | Descripción | Expresión | Concepto |
| Determinar Género Aeschnosoma | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece al género Aeschnosoma | SI ganchos_dorsales_porcion_media_S = no Y espinas_laterales_abdominales_S9 = muy desarrolladas Y longitud_espina_lateral_S9_abdominal= sobrepasa el ápice de pirámide anal Y margen_posterior_lateral_occipucio = separados dorsalmente por un tubérculo de espinas ENTONCES AESCHNOSOMA | Género Larva |
| Determinar Género Lauromacromia | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece al género Lauromacromia | SI ganchos_dorsales_porcion_media_S = si Y espinas_laterales_abdominales_anteriores_S8 = si Y protuberancia_conica = no Y placa_frontal = prominente Y setas = SI ENTONCES LAUROMACROMIA | Género Larva |

| Determinar Género Mesocordulia | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece al género Mesocordulia | Si ganchos_dorsales_porcion_media_S = si Y espinas_laterales_abdominales_anteriores_S8 = si Y protuberancia_conica = si Y placa_frontal = más reducida Y setas = si ENTONCES MESOCORDULIA | Género Larva |
|---|---|---|-----------------|
| Determinar Género Navicordulia | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece al género Navicordulia | Si ganchos_dorsales_porcion_media_S = si Y espinas_laterales_abdominales_anteriores_S8 = no Y espinas_laterales_abdominales_S8 = no muy desarrolladas Y espinas_laterales_abdominales_S9 = no muy desarrolladas Y longitud_espina_lateral_S9_abdominal= no sobrepasa el ápice de pirámide anal Y espinas_laterales_abdominales_S9_divergentes = no Y forma_apice_laterales_abdominales_S9 = no volteados ENTONCES NAVICORDULIA | Género Larva |
| Determinar Género Neocordulia | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece al género Neocordulia | Si ganchos_dorsales_porcion_media_S = no Y espinas_laterales_Abdominales_S9 = poco desarrolladas Y longitud_espina_lateral_S9_abdominal= No sobrepasa el ápice de pirámide anal Y margen_posterior_lateral_occipicio = no separados dorsalmente por un tubérculo de espinas ENTONCES NEOCORDULIA | Género Larva |
| Determinar Género Paracordulia | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece al género Paracordulia | Si ganchos_dorsales_porcion_media_S = si Y espinas_laterales_abdominales_anteriores_S8 = no Y espinas_laterales_abdominales_S8 = muy desarrolladas Y espinas_laterales_abdominales_S9 = muy desarrolladas Y longitud_espina_lateral_S9_abdominal= sobrepasa el ápice de pirámide anal Y espinas_laterales_abdominales_S9_divergentes = si Y forma_apice_laterales_abdominales_S9 = no volteados ENTONCES PARACORDULIA | Género Larva |
| Reglas para adultos de los géneros de la familia Corduliidae | | | |
| Nombre | Descripción | Expresión | Concepto |
| Determinar Género Aeschnosoma | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece al género Aeschnosoma | Si triangulos_AP = localizado en el arculus o proximo a él Y cantidad_celulas_entre_lazo_anal_margenPosterior_ala = 1 Y triangulos_AA = divididos en 2 o 3 células Y subtriangulos_AA = divididos en 2 o 3 células Y cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AA = 2 o mas cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AP = 2 o mas forma_vena_RP3-4 = onduladas Y forma_vena_MA = onduladas Y ubicacion_nodo = mitad distal del ala Y cantidad_venas_AA_antenodales = 11 a 20 Y cantidad_venas_AA_postnodales = 5 a 11 Y cantidad_venas_AP_antenodales = 7 a 14 Y cantidad_venas_AP_postnodales = 8 a 14 Y ENTONCES AESCHNOSOMA | Género Adulto |
| Determinar Género Lauromacromia | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece al género Lauromacromia | Si triangulos_AP = ligeramente distal al arculus Y cantidad_celulas_entre_lazo_anal_margenPosterior_ala = mayor a 1 Y triangulos_AA = libres Y subtriangulos_AA = libres Y protuberancia_biconica_prominente_sternum_S8 = si Y longitud_metafemora = igual o mayor a 7.2 mm Y cantidad_filas_campoDiscoidal_AA = de 1 a 4 filas distalmente Y forma_lazo_anal = abreviado Y longitud_lazo_anal = escasamente se prolonga más allá del triángulo Y cantidad_filas_celulas_area_anal_AP = 2 o muy raramente 3 filas de células ENTONCES LAUROMACROMIA | Género Adulto |
| Determinar Género Mesocordulia | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece al género Mesocordulia | Si triangulos_AP = ligeramente distal al arculus Y cantidad_celulas_entre_lazo_anal_margenPosterior_ala = mayor a 1 Y triangulos_AA= libres Y subtriangulos_AA = libres Y | Género Adulto |

| | | | |
|---|--|--|-----------------|
| | | <p>protuberancia_biconica_prominente_sternum_S8 = no Y longitud_metafemora = igual o menor a 6.8 mm Y ENTONCES MESOCORDULIA</p> | |
| Determinar Género Navicordulia | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece al género Navicordulia | <p>Si cantidad_celulas_entre_lazo_anal_margenPosterior_ala = 1 Y subtriangulos_AA = divididos en 2 o 3 células Y cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AA = 1 Y cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AP = 1 A 2 Y forma_vena_RP3-4 = no onduladas Y forma_vena_MA = no onduladas Y longitud_escama_vulvar = no sobrepasa el final del abdomen Y forma_escama_vulvar = triangular con un ápice redondeado Y triangulos_AA = raramente están reticulados Y triangulos_AP = libres Y sectores_arculus_AP = no están conectados en su origen Y cantidad_celulas_primeraFila_lazo_anal = 2 Y cantidad_filas_celulas_area_anal_AP = 2 a 3 hileras de células Y forma_apendice_anal_inferior = triangular con un ápice redondeado Y logintud_apendice_anal_inferior = menor o igual al apéndice superior Y ENTONCES NAVICORDULIA</p> | Género Adulto |
| Determinar Género Neocordulia | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece al género Neocordulia | <p>Si triangulos_AP = ligeramente distal al arculus Y cantidad_celulas_entre_lazo_anal_margenPosterior_ala = mayor a 1 Y triangulos_AA = libres Y subtriangulos_AA = libres Y protuberancia_biconica_prominente_sternum_S8 = si Y longitud_metafemora = igual o mayor a 7.2 mm Y cantidad_filas_campoDiscoidal_AA = 2 filas de células a todo lo largo Y ubicación_vena_RP3-4 = paralelas o ligeramente divergentes Y ubicación_vena_MA = paralelas o ligeramente divergentes Y forma_lazo_anal = alargado y algunas veces truncado en la parte final apical Y longitud_lazo_anal = alcanza nivel de ramificación de RP o la sobrepasa Y cantidad_filas_celulas_area_anal_AP = 3 o 4 Y forma_apendice_anal_inferior = de ovalado a triangular con el ápice truncado y frecuentemente bifido ENTONCES NEOCORDULIA</p> | Género Adulto |
| Determinar Género Paracordulia | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece al género Paracordulia | <p>Si triangulos_AP = localizado en el arculus o proximo a el Y cantidad_celulas_entre_lazo_anal_margenPosterior_ala = 1 Y triangulos_AA = divididos en 2 o 3 células Y subtriangulos_AA = divididos en 2 o 3 células Y cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AA = 1 Y cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AP = 1 A 2 Y forma_vena_RP3-4 = no onduladas Y forma_vena_MA = no onduladas Y longitud_escama_vulvar = corta Y forma_escama_vulvar = redondeada y con una depresión en la parte media Y ubicacion_nodo_AA = a $\frac{3}{5}$ de la longitud desde la base Y cantidad_venas_transversales_antenodales_AA = 10 u 11 Y cantidad_venas_transversales_antenodales_AP = 6 o 7 Y cantidad_celulas_primeraFila_lazo_anal = 3 Y forma_lazo_anal = ligeramente truncado Y cantidad_filas_celulas_area_anal_AP = 2 Y longitud_apendice_anal_superior = más largo que el inferior forma_apendice_anal_superior = redondeado y se curva hacia adentro en el ápice ENTONCES PARACORDULIA</p> | Género Adulto |
| Reglas para larvas de las especies de la familia Corduliidae | | | |
| Nombre | Descripción | Expresión | Concepto |
| Determinar Especie | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece | Si longitud_espina_lateral_S9_abdominal= igual o menor a tres veces la sumatoria de la longitud media dorsal del 9no y 10mo segmento abdominal Y | Especie Larva |

| Aeschnosoma Auripennis | la especie Aeschnosoma Auripennis | cantidad_setas_lobulo_lateral = 8 Y cantidad_crenulaciones_margen_externo = de 9 a 15 Y setas_curvas_entre_antenas = si Y cantidad_setas_curvas_entre_antenas = dos grupos de 7 Y longitud_total_ejemplar = 24 mm ENTONCES AESCHNOSOMA AURIPENNIS (Geijskes, 1970) | |
|--|---|---|-----------------------|
| Determinar Especie Aeschnosoma Forcipula | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece a la especie Aeschnosoma Forcipula | SI longitud_espina_lateral_S9_abdominal= 4 o 5 veces la sumatoria de la longitud media dorsal del 9no y 10mo segmento abdominal Y espinas_laterales_rectas_S8_abdominal = si Y longitud_espinas_laterales_rectas_S8_abdominal= alcanza la base de las espinas del s9 Y setas_curvas_entre_antenas = si Y cantidad_setas_curvas_entre_antenas = 2 hileras y dos grupos de 4 a 5 Y cantidad_setas_mentanles_en_labio = 10 Y cantidad_setas_robustas_en_margen_premetón= menor o igual a 20 Y cantidad_setas_lobulo_lateral = 7 Y cantidad_crenulaciones_margen_externo = 12 Y longitud_total_ejemplar = 27 mm ENTONCES AESCHNOSOMA FORCIPULA (Selys, 1871) | Especie Larva |
| Determinar Especie Neocordulia Biancoi | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece a la especie Neocordulia Biancoi | SI longitud_abdomen = dos veces más largo que ancho Y marcas_oscuras_SD_6to_al_9_segmento = si Y epiprocto_mas_corto_que_paraprocto = si Y epiprocto_mas_largo_que_cercos = si ENTONCES NEOCORDULIA BIANCOI (Rácenis, 1970) | Especie Larva |
| Reglas para adultos de las especies de la familia Corduliidae | | | |
| Nombre | Descripción | Expresión | Concepto |
| Aeschnosoma auripennis (Geijskes, 1970) | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece a la especie Aeschnosoma auripennis | SI color_syntorax = marrón Y color_patas = ligeramente rojizas - marrones Y cantidad_filas_celulas_area_anal_AP = 4 Y cantidad_celulas_lazo_anal = 30? Y longitud_apendice_superior_anal = aproximadamente 2 veces tan largo como el S10 abdominal Y longitud_total_ejemplar = 49 mm Y longitud_abdominal_con_apendices = 37 mm Y longitud_AP = 41 mm Y longitud_pteroestigma_AA= 2.3 mm longitud_pteroestigma_AP = 2.1 mm ENTONCES AESCHNOSOMA AURIPENNIS (Geijskes, 1970) | Especie Adulto Hembra |
| Aeschnosoma elegans (Selys, 1871) | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece a la especie Aeschnosoma elegans | SI longitud_abdomen = 44 a 46 mm Y longitud_AP = 41 a 44 mm Y cantidad_venas_transversales_antenodales_AA = 16 a 20 Y cantidad_venas_transversales_postnodales_AA = 10 Y cantidad_venas_transversales_postnodales_AP = 12 a 14 Y cantidad_venas_cubitales_atravesadas_AP = 4 a 5 Y cantidad_celulas_lazo_anal = 24 a 26 longitud_apendice_anal_superior = igual al inferior longitud_total_ejemplar = 65 mm longitud_abdominal_con_apendices = 49 mm longitud_pteroestigma_AA= 3 mm Y longitud_pteroestigma_AP= 3 mm ENTONCES AESCHNOSOMA ELEGANS (Selys, 1871) | Especie Adulto Macho |
| Aeschnosoma forcipula (Selys, 1871) | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece a la especie Aeschnosoma forcipula | SI color_syntorax = bandas laterales amarillas Y color_patas = marrón oscuro o negras Y color_alas = hialinas o uniformemente marrón claras Y cantidad_filas_celulas_area_anal_AP = 2 o 3 Y cantidad_celulas_lazo_anal = menor a 30 Y cantidad_venas_transversales_antenodales_AA = 18 Y cantidad_venas_cubitoanales_AP = 2 Y cantidad_procesos_laterales_romos_segmento_basa_pene = 2 Y longitud_total_ejemplar = 47 a 51 mm Y longitud_AP = 33 a 38 mm Y longitud_abdominal_con_apendices = 35 a 40 mm Y longitud_pteroestigma_AA= 2 a 2.2 mm Y | Especie Adulto Macho |

| | | | |
|--|--|---|-----------------------|
| | | longitud_ pterostigma_AP= 2 a 2.2 mm ENTONCES AESCHNOSOMA FORCIPULA(Selys, 1871) | |
| Lauromacromia dubitalis (Fraser, 1939) | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece a la especie Lauromacromia dubitalis | Si tuberculo_en_lado_ventral_apendice_anal_superior = no Y forma_apices_apendices = muy finos Y apices_apendices_pronunciados_divergentes = si depresiones_en_S10_abdominal = si forma_depresiones_en_S10_abdominal = pronunciadas a cada lado de la cresta medio dorsal Y longitud_S10_abdominal = igual al apéndice anal superior Y color_cabeza = roja – marrón Y forma_rayas_metepimerales = continuas Y presentan_manchas_S8_S9 = no Y longitud_abdominal_con_apendices = 36.5 mm Y longitud_AP = 32mm longitud_ pterostigma_AA= 1.6 mm Y ENTONCES LAUROMACROMIA DUBITALIS (Fraser, 1939) | Especie Adulto Macho |
| Navicordulia nitens (DeMarmels, 1991) | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece a la especie Navicordulia nitens | Si longitud_apendice_anal = 2.5 a 2.9 mm Y longitud_setas = largas Y forma_setas = pelos en la mitad de la parte apical Y tuberculo_superficie_ventrolateral_apendice_anal_superior = no Y longitud_parte_distal_apendice_anal_sin_quilla = más corto que la parte proximal con quilla Y identacion_concava_en_margen_externo = si Y longitud_total_ejemplar = 43.5 mm Y longitud_abdomen =28.9 mm Y longitud_AP = 31.5 mm ENTONCES NAVICORDULUA NITENS (DeMarmels, 1991) | Especie Adulto Macho |
| Navicordulia vagans (DeMarmels, 1989) | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece a la especie Navicordulia vagans | Si longitud_apendice_anal = 1.6 a 2 mm Y setas = no Y tuberculo_superficie_ventrolateral_apendice_anal_superior = si Y longitud_parte_distal_apendice_anal_sin_quilla = aproximadamente ¼ la longitud de la parte proximal con quilla Y identacion_concava_en_margen_externo = no Y longitud_total_ejemplar = 30 mm Y longitud_abdomen =25.5 mm Y longitud_AP = 28 mm ENTONCES NAVICORDULUA VAGANS (DeMarmels, 1989) | Especie Adulto Macho |
| Neocordulia biancoi (Rácenis, 1970) | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece a la especie Neocordulia biancoi | Si apendice_anal_presenta_curvatura_hacia_exterior = si Y presenta_grandes_dientes = no Y presenta_parches_setas_largas = no Y color_vena_costa_del_ala = oscura Y forma_apendice_anal_inferior = puntiagudo Y longitud_apendice_anal_inferior = igual de largo al apéndice superior y no es 4/5 el largo del apéndice superior forma_apice_lobulo_genital = muy delgado Y longitud_ramal_medio_hamulo = muy reducida Y longitud_quilla_tibia_media = más corta de 10% de la longitud total de la tibia Y longitud_total_ejemplar = 52 a 53 mm Y longitud_abdomen = 38 a 40 mm Y longitud_AP = 36.5 a 38 mm ENTONCES NEOCORDULIA BIANCOI (Rácenis, 1970) | Especie Adulto Macho |
| Neocordulia biancoi (Rácenis, 1970) | Permite determinar si el ejemplar a identificar pertenece a la especie Neocordulia biancoi | Si color_vena_costa_del_ala = oscura Y color_abdomen = oscuro Y forma_lamina_vulvar_9S_ventralmente = parece un lóbulo simple con una incisión media profunda Y color_apendice_anal = pálido Y distancia_entre_ojos = más de 1.5 mm Y longitud_ pterostigma = minimo de 3 mm de largo Y color_tibia = negra Y forma_lamina_vulvar = no es simetrica con una muesca muy grande en el medio del margen posterior Y longitud_total_ejemplar = 53.5 a 54 mm Y longitud_abdomen = 39.5 a 40 mm Y longitud_AP = 41 a 42 mm ENTONCES NEOCORDULIA BIANCOI (Rácenis, 1970) | Especie Adulto Hembra |

Tarea 11. Instancias

Tabla 8. Instancias

| Larvas de los géneros de la familia Corduliidae | | | |
|---|--------------|--|--|
| Nombre | Concepto | Atributos | Valores |
| Aeschnosoma | Género Larva | ganchos_dorsales_porcion_media_S | No |
| | | espinas_laterales_abdominales_S9 | Muy desarrolladas |
| | | longitud_espina_lateral_S9_abdominal | Sobrepasa el ápice de pirámide anal |
| | | margen_posterior_lateral_occipucio | Separados dorsalmente por un tubérculo de espinas |
| Lauromacromia | Género Larva | ganchos_dorsales_porcion_media_S | Si |
| | | espinas_laterales_abdominales_anteriores_S8 | Si |
| | | protuberancia_conica | No |
| | | placa_frontal | Prominente |
| | | setas | Si |
| Mesocordulia | Género Larva | ganchos_dorsales_porcion_media_S | Si |
| | | espinas_laterales_abdominales_anteriores_S8 | Si |
| | | protuberancia_conica | Si |
| | | placa_frontal | Más reducida |
| | | setas | Si |
| Navicordulia | Género Larva | ganchos_dorsales_porcion_media_S | Si |
| | | espinas_laterales_abdominales_anteriores_S8 | No |
| | | espinas_laterales_abdominales_S8 | No muy desarrolladas |
| | | espinas_laterales_abdominales_S9 | No muy desarrolladas |
| | | longitud_espina_lateral_S9_abdominal | No sobrepasa el ápice de pirámide anal |
| | | espinas_laterales_abdominales_S9_divergentes | No |
| | | forma_apice_laterales_abdominales_S9 | No volteados |
| Neocordulia | Género Larva | ganchos_dorsales_porcion_media_S | No |
| | | espinas_laterales_Abdominales_S9 | Poco desarrolladas |
| | | longitud_espina_lateral_S9_abdominal | No sobrepasa el ápice de pirámide anal |
| | | margen_posterior_lateral_occipucio | No separados dorsalmente por un tubérculo de espinas |
| Paracordulua | Género Larva | ganchos_dorsales_porcion_media_S | Si |
| | | espinas_laterales_abdominales_anteriores_S8 | No |
| | | espinas_laterales_abdominales_S8 | Muy desarrolladas |
| | | espinas_laterales_abdominales_S9 | Muy desarrolladas |
| | | longitud_espina_lateral_S9_abdominal | Sobrepasa el ápice de pirámide anal |
| | | espinas_laterales_abdominales_S9_divergentes | Si |
| | | forma_apice_laterales_abdominales_S9 | No volteados |

| Adultos de los géneros de la familia Corduliidae | | | |
|--|--------------------------------------|--|--|
| Nombre | Concepto | Atributos | Valores |
| Aeschnosoma | Género Adulto | triangulos_AP | Localizado en el arculus o proximo a el |
| | | cantidad_celulas_entre_lazo_anal_margenPosterior_ala | 1 |
| | | triangulos_AA | Divididos en 2 o 3 células |
| | | subtriangulos_AA | Divididos en 2 o 3 células |
| | | cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AA = | 2 o más |
| | | cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AP = | 2 o más |
| | | forma_vena_RP3-4 | Onduladas |
| | | forma_vena_MA | Onduladas |
| | | ubicacion_nodo | Mitad distal del ala |
| | | cantidad_venas_AA_antenodales | 11 a 20 |
| | | cantidad_venas_AA_postnodales | 5 a 11 |
| | | cantidad_venas_AP_antenodales | 7 a 14 |
| | | cantidad_venas_AP_postnodales | 8 a 14 |
| Lauromacromia | Género Adulto | triangulos_AP | Ligeramente distal al arculus |
| | | cantidad_celulas_entre_lazo_anal_margenPosterior_ala | Mayor a 1 |
| | | triangulos_AA | Libres |
| | | subtriangulos_AA | Libres |
| | | protuberancia_biconica_prominente_sternum_S8 | Si |
| | | longitud_metafemora | Igual o mayor a 7.2 mm |
| | | cantidad_filas_campoDiscoidal_AA | 1 a 4 filas distalmente |
| | | forma_lazo_anal | Abreviado |
| | | longitud_lazo_anal | Escasamente se prolonga más allá del triángulo |
| cantidad_filas_celulas_area_anal_AP | 2 o muy raramente 3 filas de células | | |
| Mesocordulia | Género Adulto | triangulos_AP | Ligeramente distal al arculus |
| | | cantidad_celulas_entre_lazo_anal_margenPosterior_ala | Mayor a 1 |
| | | triangulos_AA | Libres |
| | | subtriangulos_AA | Libres |
| | | protuberancia_biconica_prominente_sternum_S8 | No |
| longitud_metafemora | Igual o menor a 6.8 mm | | |
| Navicordulia | Género Adulto | cantidad_celulas_entre_lazo_anal_margenPosterior_ala | 1 |
| | | subtriangulos_AA | Divididos en 2 o 3 células |
| | | cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AA | 1 |
| | | cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AP | 1 a 2 |
| | | forma_vena_RP3-4 | No onduladas |
| | | forma_vena_MA | No onduladas |
| | | longitud_escama_vulvar | No sobrepasa el final del abdomen |
| | | forma_escama_vulvar | Triangular con un ápice redondeado |
| | | triangulos_AA | Raramente están reticulados |
| | | triangulos_AP | Libres |
| | | sectores_arcus AP | No están conectados en su origen |
| | | cantidad_celulas_primeraFila_lazo_anal | 2 |
| cantidad_filas_celulas_area_anal_AP | 2 a 3 | | |

| | | | |
|--------------|---------------|--|---|
| | | forma_apendice_anal_inferior | Triangular con un ápice redondeado |
| | | logintud_apendice_anal_inferior | Menor o igual al apéndice superior |
| Neocordulia | Género Adulto | triangulos_AP | Ligeramente distal al arculus |
| | | cantidad_celulas_entre_lazo_anal_margenPosterior_ala | Mayor a 1 |
| | | triangulos_AA | Libres |
| | | subtriangulos_AA | Libres |
| | | protuberancia_biconica_prominente_sternum_S8 | Si |
| | | longitud_metafemora | Igual o mayor a 7.2 mm |
| | | cantidad_filas_campoDiscoidal_AA | 2 filas de células a todo lo largo |
| | | ubicación_vena_RP3-4 | Paralelas o ligeramente divergentes |
| | | ubicación_vena_MA | Paralelas o ligeramente divergentes |
| | | forma_lazo_anal | Alargado y algunas veces truncado en la parte final apical |
| | | longitud_lazo_anal | Alcanza nivel de ramificación de RP o la sobrepasa |
| | | cantidad_filas_celulas_area_anal_AP | 3 o 4 |
| | | forma_apendice_anal_inferior | De ovalado a triangular con el ápice truncado y frecuentemente bifido |
| Paracordulia | Género Adulto | triangulos_AP | Localizado en el arculus o proximo a el |
| | | cantidad_celulas_entre_lazo_anal_margenPosterior_ala | 1 |
| | | triangulos_AA | Divididos en 2 o 3 células |
| | | subtriangulos_AA | Divididos en 2 o 3 células |
| | | cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AA | 1 |
| | | cantidad_venas_transversales_cubitoanales_AP | 1 a 2 |
| | | forma_vena_RP3-4 | No onduladas |
| | | forma_vena_MA | No onduladas |
| | | longitud_escama_vulvar | Corta |
| | | forma_escama_vulvar | Redondeada y con una depresión en la parte media |
| | | ubicacion_nodo_AA | A $\frac{3}{5}$ de la longitud desde la base |
| | | cantidad_venas_transversales_antenodales_AA | 10 u 11 |
| | | cantidad_venas_transversales_antenodales_AP | 6 o 7 |
| | | cantidad_celulas_primeraFila_lazo_anal | 3 |
| | | forma_lazo_anal | Ligeramente truncado |
| | | cantidad_filas_celulas_area_anal_AP | 2 |
| | | longitud_apendice_anal_superior | Más largo que el inferior |
| | | forma_apendice_anal_superior | Redondeado y se curva hacia adentro en el ápice |
| | | | |

| Larvas de las especies de la familia Corduliidae | | | |
|--|---------------|--|---|
| Nombre | Concepto | Atributos | Valores |
| Aeschnosoma Auripennis | Especie Larva | longitud_espina_lateral_S9_abdominal | Igual o menor a tres veces la sumatoria de la longitud media dorsal del 9no y 10mo segmento abdominal |
| | | cantidad_setas_lobulo_lateral | 8 |
| | | cantidad_crenulaciones_margen_externo | 9 a 15 |
| | | setas_curvas_entre_antenas | Si |
| | | cantidad_setas_curvas_entre_antenas | Dos grupos de 7 |
| | | longitud_total_ejemplar | 24 mm |
| Aeschnosoma Forcipula | Especie Larva | longitud_espina_lateral_S9_abdominal | 4 o 5 veces la sumatoria de la longitud media dorsal del 9no y 10mo segmento abdominal |
| | | espinas_laterales_rectas_S8_abdominal | Si |
| | | longitud_espinas_laterales_rectas_S8_abdominal | Alcanza la base de las espinas del s9 |
| | | setas_curvas_entre_antenas | Si |
| | | cantidad_setas_curvas_entre_antenas | 2 hileras y dos grupos de 4 a 5 |
| | | cantidad_setas_mentanles_en_labio | 10 |
| | | cantidad_setas_robustas_en_margen_premetón | Menor o igual a 20 |
| | | cantidad_setas_lobulo_lateral | 7 |
| | | cantidad_crenulaciones_margen_externo | 12 |
| | | longitud_total_ejemplar | 27 mm |
| Neocordulia Biancoi | Especie Larva | longitud_abdomen | Dos veces más largo que ancho |
| | | marcas_oscuras_SD_6to_al_9_segmento | Si |
| | | epiprocto_mas_corto_que_paraprocto | Si |
| | | epiprocto_mas_largo_que_cercos | Si |

| Adultos de las especies de la familia Corduliidae | | | |
|---|-----------------------|---|---|
| Nombre | Concepto | Atributos | Valores |
| Aeschnosoma auripennis | Especie Adulto Hembra | color_syntorax | Marrón |
| | | color_patas | Ligeramente rojizas - marrones |
| | | cantidad_filas_celulas_area_anal_AP | 4 |
| | | cantidad_celulas_lazo_anal | 30 |
| | | longitud_apendice_superior_anal | Aproximadamente 2 veces tan largo como el S10 abdominal |
| | | longitud_total_ejemplar | 49 mm |
| | | longitud_abdominal_con_apendices | 37 mm |
| | | longitud_AP | 41 mm |
| | | longitud_pteroestigma_AA | 2.33 mm |
| | | longitud_pteroestigma_AP | 2.1 mm |
| Aeschnosoma elegans | Especie Adulto Macho | longitud_abdomen | 44 a 46 mm |
| | | longitud_AP | 41 a 44 mm |
| | | cantidad_venas_transversales_antenodales_AA | 16 a 20 |
| | | cantidad_venas_transversales_postnodales_AA | 10 |
| | | cantidad_venas_transversales_postnodales_AP | 12 a 14 |
| | | cantidad_venas_cubitales_atravesadas_AP | 4 a 5 |
| | | cantidad_celulas_lazo_anal | 24 a 26 |
| | | longitud_apendice_anal_superior | Igual al inferior |
| | | longitud_total_ejemplar | 65 mm |
| | | longitud_abdominal_con_apendices | 49 mm |
| | | longitud_AP | 46 mm |
| | | longitud_pteroestigma_AA | 3 mm |
| longitud_pteroestigma_AP | 3 mm | | |
| Lauromacromia dubitalis | Especie Adulto Macho | tuberculo_en_lado_ventral_apendice_anal_superior | No |
| | | forma_apices_apendices | Muy finos |
| | | apices_apendices_pronunciados_divergentes | Si |
| | | depresiones_en_S10_abdominal | Si |
| | | forma_depresiones_en_S10_abdominal | Pronunciadas a cada lado de la cresta medio dorsal |
| | | longitud_S10_abdominal | Igual al apéndice anal superior |
| | | color_cabeza | Roja - Marrón |
| | | forma_rayas_metepimerales | Continuas |
| | | presentan_manchas_S8_S9 | No |
| | | longitud_abdominal_con_apendices | 36.5 mm |
| | | longitud_AP | 32mm |
| longitud_pteroestigma_AA | 1.6 mm | | |
| Navicordulia nitens | Especie Adulto Macho | longitud_apendice_anal | 2.5 a 2.9 mm |
| | | longitud_setas | Largas |
| | | forma_setas | Pelos en la mitad de la parte apical |
| | | tuberculo_superficie_ventrolateral_apendice_anal_superior | No |
| | | longitud_parte_distal_apendice_anal_sin_quilla | Más corto que la parte proximal con quilla |

| | | | |
|---------------------|-----------------------|---|---|
| | | identacion_concava_en_margen_externo | Si |
| | | longitud_total_ejemplar | 43.5 mm |
| | | longitud_abdomen | 28.9 mm |
| | | longitud_AP | 31.5 mm |
| Navicordulia vagans | Especie Adulto Macho | longitud_apendice_anal | 1.6 a 2 mm |
| | | setas | No |
| | | tuberculo_superficie_ventrolateral_apendice_anal_superior | Si |
| | | longitud_parte_distal_apendice_anal_sin_quilla | Aproximadamente $\frac{1}{4}$ la longitud de la parte proximal con quilla |
| | | identacion_concava_en_margen_externo | No |
| | | longitud_total_ejemplar | 30 mm |
| | | longitud_abdomen | 25.5 mm |
| | | longitud_AP | 28 mm |
| Neocordulia biancoi | Especie Adulto Macho | apendice_anal_presenta_curvatura_hacia_exterior | Si |
| | | presenta_grandes_dientes | No |
| | | presenta_parches_setas_largas | No |
| | | color_vena_costa_del_ala | Oscura |
| | | forma_apendice_anal_inferior | Puntiagudo |
| | | longitud_apendice_anal_inferior | Igual de largo al apéndice superior y no, es 4/5 el largo del apéndice superior |
| | | forma_apice_lobulo_genital | Muy delgado |
| | | longitud_ramal_medio_hamulo | Muy reducida |
| | | longitud_quilla_tibia_media | Más corta de 10% de la longitud total de la tibia |
| | | longitud_total_ejemplar | 52 a 53 mm |
| | | longitud_abdomen | 38 a 40 mm |
| longitud_AP | 36.5 a 38 mm | | |
| Neocordulia biancoi | Especie Adulto Hembra | color_vena_costa_del_ala | Oscura |
| | | color_abdomen | Oscuro |
| | | forma_lamina_vulvar_9S_ventralmente | Parece un lóbulo simple con una incisión media profunda |
| | | color_apendice_anal | Pálido |
| | | distancia_entre_ojos | Más de 1.5 mm |
| | | longitud_pteroestigma | Mínimo de 3 mm de largo |
| | | color_tibia | Negra |
| | | forma_lamina_vulvar | No es simétrica con una muesca muy grande en el medio del margen posterior |
| | | longitud_total_ejemplar | 53.5 a 54 mm |
| | | longitud_abdomen | 39.5 a 40 mm |
| longitud_AP | 41 a 42 mm | | |

3.1.3 Actividad de formalización e implementación

Se representó y codificó la ontología en un modelo formal o semi-computable con el lenguaje OWL (Ontology Web Language). Por medio de la interfaz gráfica de Protégé 5.1.0, el cual es un editor de ontologías elaborado por la Universidad de Stanford, en colaboración con la Universidad de Mánchester.

3.1.4 Actividad de mantenimiento

Esta actividad se realizó durante todo el proceso de desarrollo de la ontología actualizando y corrigiendo los errores arrojados por el razonador de Protégé.

3.2 Evaluación de la ontología de la familia Corduliidae

La evaluación de la ontología consistió en emitir un juicio técnico de su contenido con respecto a un marco de referencia, durante cada fase del ciclo de desarrollo. En la evaluación se verificó que las definiciones implementan correctamente los requerimientos de la ontología y las preguntas de competencia y se validó que las definiciones de la ontología modelan correctamente el mundo real para el cual fue creada.

En el caso de la ontología de insectos acuáticos de la familia Corduliidae, la valoración se realizó con el criterio de evaluación de ontologías únicas propuesto por (Ramos, Núñez, & Casañas, 2009) ya que no se encontraron ontologías de referencia sobre el dominio en las librerías consultadas en línea y por tanto no fue posible utilizar ontologías que pudieran servir de referencia para la evaluación. La revisión web consideró los siguientes repositorios de ontologías:

- ONKI (<http://onki.fi/>)
- (ODP) (<http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Ontology:Main>)
- OWL research at the University of Manchester (<http://owl.cs.manchester.ac.uk/tools/repositories/>)

Por otra parte también se realizó un análisis en OntoQA (Tartir & Budak, 2007).

3.2.1 Esquema de evaluación de ontologías únicas

A continuación se presenta la evaluación de la ontología del dominio de los insectos de la familia Corduliidae del Orden Odonata, siguiendo las fases propuestas por el esquema de evaluación de ontologías únicas.

Fase 1: Uso correcto del lenguaje

Se evalúa la calidad de la ontología considerando la manera en cómo está escrita.

Actividad a: para codificar la ontología se seleccionó el lenguaje OWL, el cual es una recomendación de la World Wide Web Consortium (W3C), por tanto garantiza su solidez y completitud.

Actividad b: se verificó la sintaxis por medio del validador sintáctico de la universidad de Manchester (<http://owl.cs.manchester.ac.uk/validator/>) y no se presentaron errores de código.

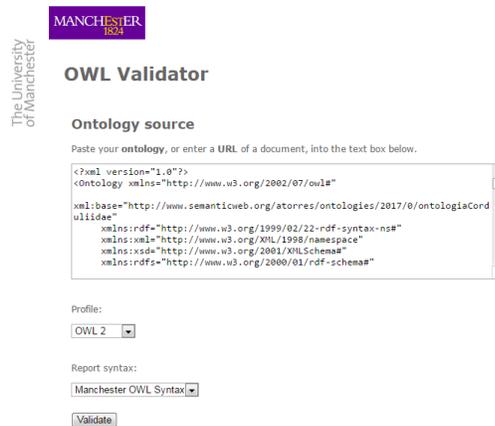


Figura 10. Código en el validador de la Universidad de Manchester



Figura 11. Resultado de la evaluación del código en el validador de la Universidad de Manchester

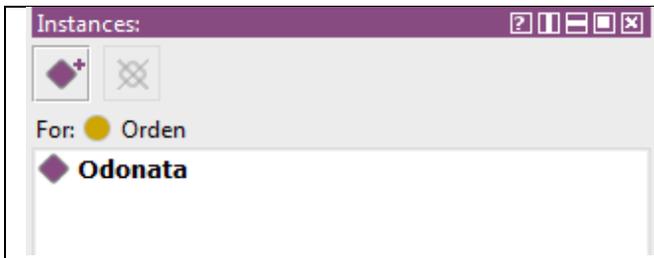


Figura 14. Instancia de la clase Orden

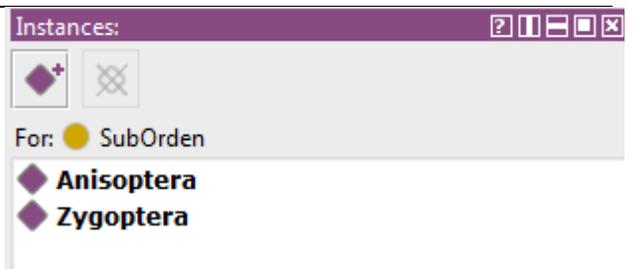


Figura 15. Instancias de la clase SubOrden

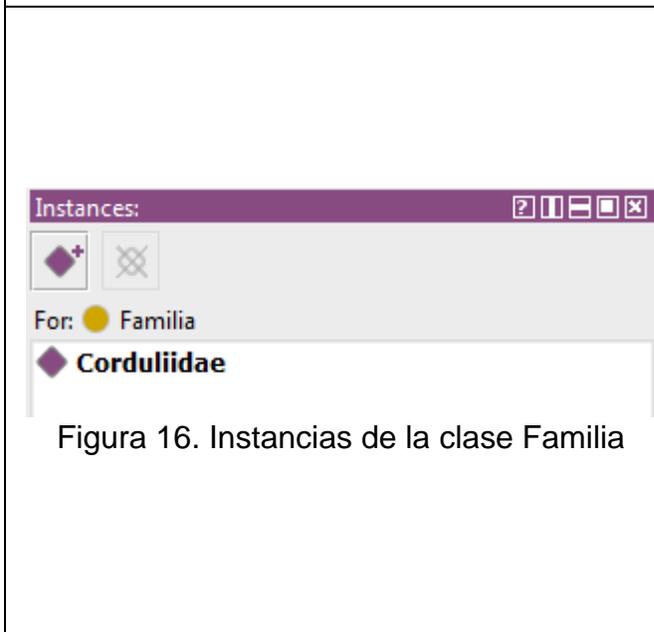


Figura 16. Instancias de la clase Familia

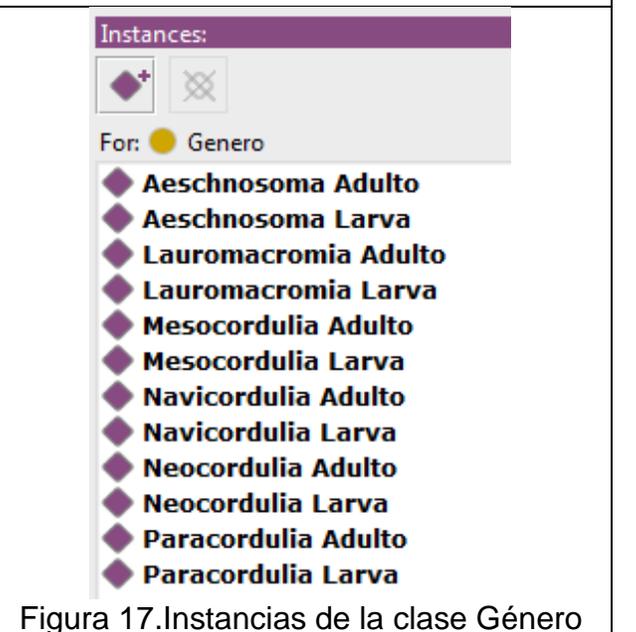
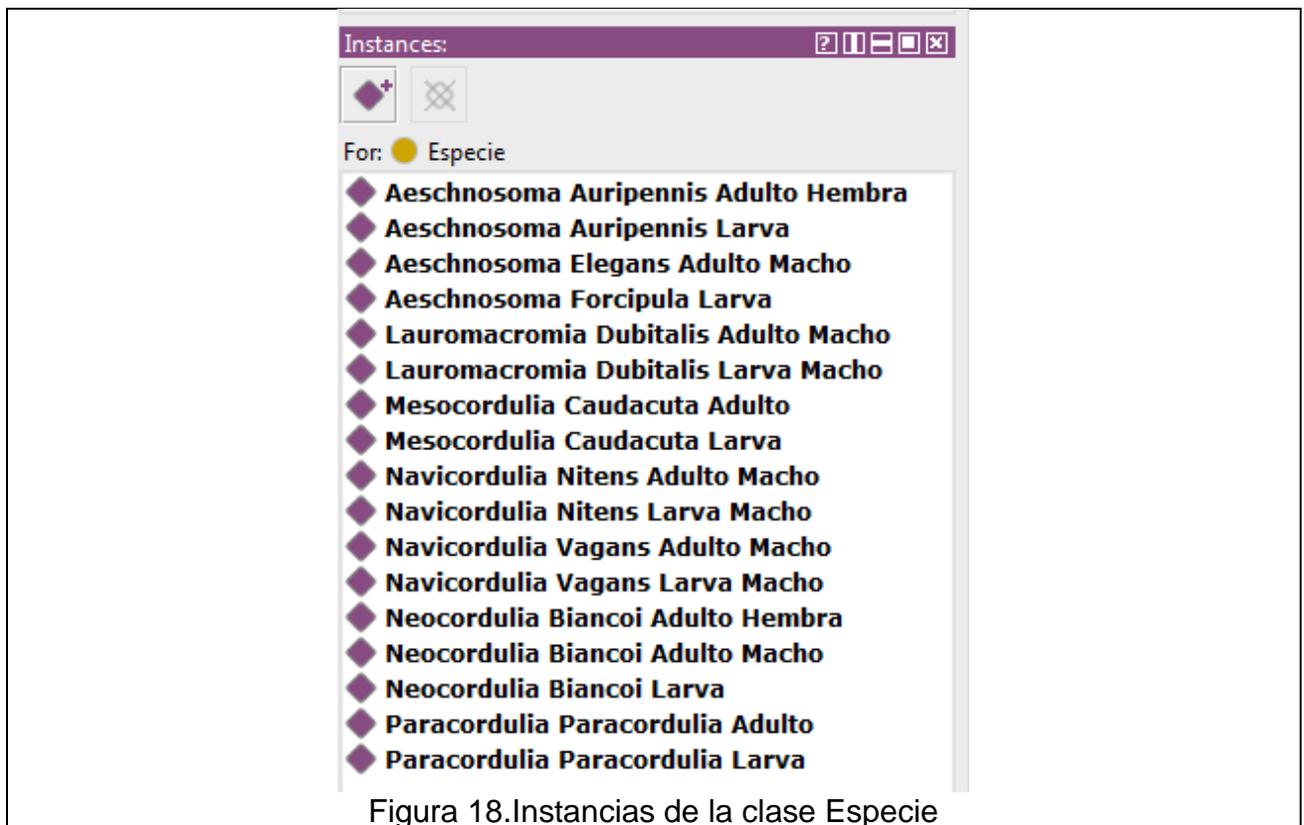


Figura 17. Instancias de la clase Género



Fase 3: Validez del vocabulario

En esta fase se evaluó el vocabulario usado para describir el conocimiento, utilizando el corpus del dominio construido a partir de una colección de literaturas y páginas web, las cuales están disponibles en las siguientes referencias:

- (Schorr & Paulson, 2017)
- (Asociación Odonatológica de Andalucía, 2017)
- (Esquivel, 1997)
- (Haney, 2013)
- (Melic & Ignacio, 2015)
- De Marmels (2007)
- De Marmers (2015)
- Tranpero (2004)
- Oscoz (2011)
- Rosser (2006)

El corpus del dominio se presenta en la tabla a continuación.

Tabla 9. Corpus del dominio de los insectos de la familia Corduliidae del Orden Odonata

| Términos del corpus | Términos del glosario | Coincidencias términos glosario |
|----------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Abdomen | Abdomen | 1 |
| Adulto | Adulto | 1 |
| Aeschnosoma | Aeschnosoma | 1 |
| Ala Anterior | Ala anterior | 1 |
| Ala Posterior | Ala posterior | 1 |
| Alas | Alas | 1 |
| -- | Andromorfo | 0 |
| Anisópteros | Anisoptera | 1 |
| Antena | Antena | 1 |
| Genital | Aparato genital | 1 |
| Apéndices Anales | Apendice anal | 1 |
| -- | apendice anal sin quilla | 0 |
| -- | Apéndices terminales | 0 |
| Ápice lóbulo genital | Ápice lóbulo genital | 1 |
| -- | Ápices apendices | 0 |
| Arculus | Arculus | 1 |
| Auripennis | Auripennis | 1 |
| Biancoi | Biancoi | 1 |
| Branquias | Branquias | 1 |
| Branquias caudales | Branquias caudales | 1 |
| Cabeza | Cabeza | 1 |
| -- | Cadera | 0 |
| Campo discoidal | Campo discoidal | 1 |
| | Caudacuta | 1 |
| Celda | Celdas | 1 |
| Cercos | Cerco | 1 |
| Ciclo de vida | Ciclo de vida | 1 |
| Corduliidae | Corduliidae | 1 |
| Costa (C) | Costa | 1 |
| Crenulaciones | Crenulaciones | 1 |
| -- | Cuerno posternal | 0 |
| Dientes | Dientes | 1 |
| Distancia entre ojos | Distancia entre ojos | 1 |
| Dubitalis | Dubitalis | 1 |
| Elegans | Elegans | 1 |
| Epiprocto | Epiprocto | 1 |
| Lamina vulvar | Escama vulvar | 1 |
| Especie | Especie | 1 |
| Espina lateral | Espinas laterales | 1 |
| Exuvia | Exuvia | 1 |
| Familia | Familia | 1 |
| Fémur | Fémur | 1 |
| Forcípula | Forcípula | 1 |
| Ganchos dorsales | Ganchos dorsales | 1 |
| Género | Género | 1 |
| -- | Hialino | 0 |
| Labio | Labio | 1 |
| -- | Labrum o labro | 0 |
| -- | Lamela | 0 |
| Larva | Larva | 1 |
| Lauromacromia | Lauromacromia | 1 |

| | | |
|------------------------------|------------------------------------|---|
| Lazo anal | Lazo anal | 1 |
| Lóbulo | Lóbulo | 1 |
| Logitud insecto | Longitud total ejemplar | 1 |
| Mandíbulas | Mandíbulas | 1 |
| Margen posterior occipucio | Margen posterior lateral occipucio | 1 |
| Máscara labial | Máscara labial | 1 |
| Maxila | Maxila | 1 |
| -- | Mentón | 0 |
| Mesocordulia | Mesocordulia | 1 |
| -- | Mesonoto | 0 |
| -- | Mesotorax | 0 |
| -- | Metafemora | 0 |
| -- | Metamorfosis | 0 |
| -- | Metastemo | 0 |
| -- | Metatarso | 0 |
| -- | Metatorax | 0 |
| Navicordulia | Navicordulia | 1 |
| Nayade | Nayade | 1 |
| Neocordulia | Neocordulia | 1 |
| Ninfa | -- | 0 |
| Nitens | Nitens | 1 |
| Nodus | Nodo | 1 |
| Occipucio | Occipucio | 1 |
| Ojos | Ojos | 1 |
| Ovipositor | Ovipositor | 1 |
| Paracordulia | Paracordulia | 1 |
| Paraprocto | Paraprocto | 1 |
| Patas | Patas | 1 |
| -- | Placa frontal | 0 |
| Posición obelisco | Posición obelisco | 1 |
| Prementón | Prementón | 1 |
| Postmentón | -- | 0 |
| -- | Pronoto | 0 |
| Protórax | Protórax | 1 |
| Protuberancia biconica | Protuberancia biconica | 1 |
| Protuberancia cónica | Protuberancia cónica | 1 |
| Pterostigma | Pterostigma | 1 |
| -- | Rayas metepimerales | 0 |
| Setas | Setas | 1 |
| Subtriangulos | Subtriangulos | 1 |
| Pterotórax | Syntorax | 1 |
| Tarso | Tarso | 1 |
| Tibias | Tibia | 1 |
| Tórax | Tórax | 1 |
| Triángulos | Triangulo alar | 1 |
| Tubérculo | Tubérculo | 1 |
| Vagans | Vagans | 1 |
| Valva | Valvas | 1 |
| Vena cruzada | Vena cruzada | 1 |
| -- | Vena humeral | 0 |
| Vena media anterior | Vena MA | 1 |
| Radio posterior tercera rama | Vena RP3-4 | 1 |
| Venación | Venación | 1 |
| Venación del ala | Venación del ala | 1 |
| Venas antenodales | Venas antenodales | 1 |
| Vena cubital | Venas cubitales | 1 |

| | | |
|--------------------------------|---------------------|------------|
| Venas postnodales | Venas postnodales | 1 |
| Vena transversal | Venas transversales | 1 |
| Zygoptera | Zygoptera | 1 |
| Total coincidencias | | 87 |
| Total términos corpus | | 88 |
| Total términos glosario | | 108 |

Actividad a: se identificaron y extrajeron los términos significativos del corpus a partir de las referencias mencionadas anteriormente. En total se extrajeron 88 términos del corpus y 108 términos del glosario. Posteriormente se contó la cantidad de términos que se solaparon entre la ontología y el corpus, obteniendo coincidencias para 87 términos.

Actividad b: se calcula el porcentaje de los términos de la ontología que aparecen en el corpus con relación a la cantidad total de términos de la ontología (precisión) y el porcentaje de términos del corpus que aparecen en la ontología con relación al total de términos en el corpus (recall).

Cálculo de la **precisión** utilizando la siguiente expresión:

CCorp= Cantidad total de términos del corpus = 88

COnto=Cantidad total de términos de la ontología = 108

CO-C=Cantidad de términos que se solapan entre la ontología y el corpus = 87

Precisión = CO-C / COnto

Precisión=87/108

Precisión = 0.81

Cálculo del **recall**, utilizando la expresión:

Recall= CO-C / CCorp

Recall = 87/88

Recall= 0.98

Tabla 10. Resumen de la precisión y el recall de la ontología

| | |
|------------------|-------------|
| Precisión | 0.81 |
| Recall | 0.98 |

Se entiende que el valor obtenido para la precisión indica que el 81% de los términos codificados en la ontología existen en el corpus; mientras que el resultado del recall afirma que el 98% de los términos del corpus existen en la ontología. Por tanto la ontología abarca en gran parte el dominio de los insectos de la familia Corduliidae del Orden Odonata.

Fase 4: Adecuación a requerimientos

Actividad a: se verifica que las especificaciones del documento de requerimientos se cumplan.

A continuación se muestra una tabla que establece una comparación de los requisitos en el documento de especificaciones y el resultado obtenido al diseñar, codificar e implementar la ontología del dominio de los insectos de la familia Corduliidae del Orden Odonata.

Tabla 11. Comparación de los requisitos con los resultados obtenidos

| | Requisito | Resultado Obtenido |
|----------------------------|---|--|
| Objetivo | Conceptualizar el dominio de los insectos de la familia Corduliidae del Orden Odonata | La ontología representa la conceptualización del dominio de los insectos de la familia Corduliidae del Orden Odonata, géneros y especies de forma organizada. |
| Nivel de formalidad | Formal. | Una ontología del dominio de los insectos de la familia Corduliidae del Orden Odonata codificada con un lenguaje formal estandarizado (OWL). |
| Tipo de ontología | Ontología de dominio. | La ontología resultante proporciona un vocabulario controlado y estructurado que describe el dominio de las de los insectos de la familia Corduliidae del Orden Odonata. |
| Usuarios finales | Biólogos y cualquier usuario interesado en el dominio de los odonatos | Un aplicativo web con interfaz usable y sencilla para ser utilizada por cualquier persona interesada que posea conocimientos técnicos del tema. |

Actividad b: verificar que las respuestas proporcionadas por la ontología a las preguntas de competencia sean correctas y pertinentes.

Para la evaluación se interrogó la ontología por medio de SPARQL que es un lenguaje estandarizado para la consulta de grafos RDF. La ontología del dominio de los insectos de la familia Corduliidae del Orden Odonata da respuestas a las siguientes preguntas de competencia:

1. ¿Qué son los odonatos?

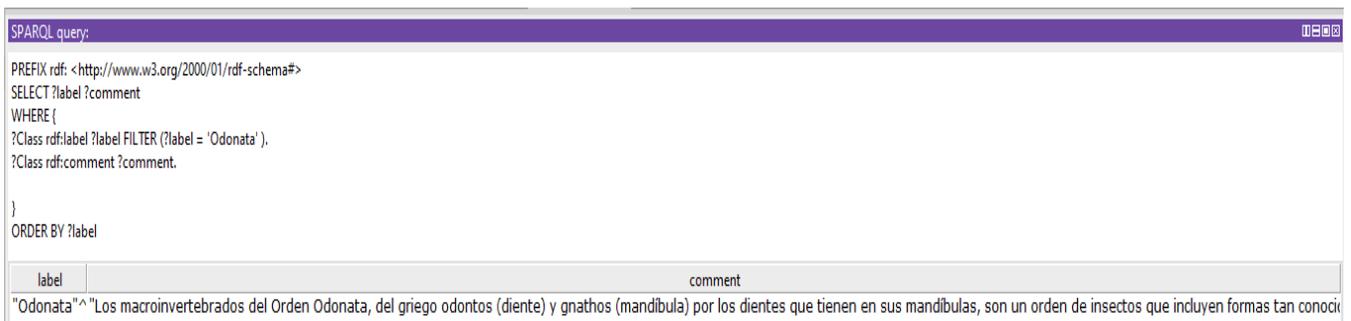


Figura 19. Respuesta a la pregunta de competencia ¿Qué son los odonatos?

2. ¿Cuáles son los subórdenes del Orden Odonata?

Active Ontology x Entities x Object Properties x Data Properties x Individuals by class x SPARQL Query x

SPARQL query:

```
PREFIX onto: <http://www.semanticweb.org/atorres/ontologies/2017/0/untitled-ontology-12#>
SELECT DISTINCT ?subOrden WHERE {
?orden ?fpo ?subOrden FILTER (?fpo = onto:orden_compuesto_por_subOrden).
FILTER (?orden = onto:Odonata).
}
```

| subOrden |
|------------|
| Anisoptera |
| Zygoptera |

Figura 20. Respuesta a la pregunta de competencia ¿Cuáles son los subórdenes del Orden Odonata?

3. ¿Cuáles son los insectos pertenecientes al suborden Anisoptera?

Active Ontology x Entities x Object Properties x Data Properties x Individuals by class x SPARQL Query x

SPARQL query:

```
PREFIX onto: <http://www.semanticweb.org/atorres/ontologies/2017/0/untitled-ontology-12#>
SELECT DISTINCT ?orden ?subOrden ?genero ?especie WHERE {
?subOrden ?spo ?orden FILTER (?spo = onto:subOrden_pertenece_a_orden)
?familia ?fpo ?subOrden FILTER (?fpo = onto:familia_pertenece_a_subOrden)
?genero ?gpf ?familia FILTER (?gpf = onto:genero_pertenece_a_familia)
?especie ?epg ?genero FILTER (?epg = onto:especie_pertenece_a_genero)
FILTER (?subOrden = onto:Anisoptera).
}
ORDER BY ?genero
```

| orden | subOrden | genero | especie |
|---------|------------|------------------------|--|
| Odonata | Anisoptera | 'Aeschnosoma Adulto' | 'Aeschnosoma Auripennis Adulto Hembra' |
| Odonata | Anisoptera | 'Aeschnosoma Adulto' | 'Aeschnosoma Elegans Adulto Macho' |
| Odonata | Anisoptera | 'Aeschnosoma Larva' | 'Aeschnosoma Auripennis Larva' |
| Odonata | Anisoptera | 'Aeschnosoma Larva' | 'Aeschnosoma Forcipula Larva' |
| Odonata | Anisoptera | 'Lauromacromia Adulto' | 'Lauromacromia Dubitalis Adulto Macho' |
| Odonata | Anisoptera | 'Lauromacromia Larva' | 'Lauromacromia Dubitalis Larva Macho' |
| Odonata | Anisoptera | 'Mesocordulia Adulto' | 'Mesocordulia Caudacuta Adulto' |
| Odonata | Anisoptera | 'Mesocordulia Larva' | 'Mesocordulia Caudacuta Larva' |
| Odonata | Anisoptera | 'Navicordulia Adulto' | 'Navicordulia Nitens Adulto Macho' |
| Odonata | Anisoptera | 'Navicordulia Adulto' | 'Navicordulia Vagans Adulto Macho' |
| Odonata | Anisoptera | 'Navicordulia Adulto' | 'Neocordulia Biancoi Adulto Macho' |
| Odonata | Anisoptera | 'Navicordulia Larva' | 'Navicordulia Nitens Larva Macho' |
| Odonata | Anisoptera | 'Neocordulia Adulto' | 'Neocordulia Biancoi Adulto Hembra' |
| Odonata | Anisoptera | 'Neocordulia Larva' | 'Neocordulia Biancoi Larva' |
| Odonata | Anisoptera | 'Paracordulia Adulto' | 'Paracordulia Paracordulia Adulto' |
| Odonata | Anisoptera | 'Paracordulia Larva' | 'Paracordulia Paracordulia Larva' |

Figura 21. Respuesta a la pregunta de competencia ¿Cuáles son los insectos pertenecientes al suborden Anisoptera?

4. ¿Cuáles son los géneros del suborden Anisoptera?

SPARQL query:

```
PREFIX onto: <http://www.semanticweb.org/atorres/ontologies/2017/0/untitled-ontology-12#>
SELECT DISTINCT ?genero WHERE {
?familia ?fpo ?subOrden FILTER (?fpo = onto:familia_pertenece_a_subOrden)
?familia ?gpf ?genero FILTER (?gpf = onto:familia_compuesto_por_genero)
FILTER (?subOrden = onto:Anisoptera).
}
ORDER BY ?genero
```

| |
|------------------------|
| 'Aeschnosoma Adulto' |
| 'Aeschnosoma Larva' |
| 'Lauromacromia Adulto' |
| 'Lauromacromia Larva' |
| 'Mesocordulia Adulto' |
| 'Mesocordulia Larva' |
| 'Navicordulia Adulto' |
| 'Navicordulia Larva' |
| 'Neocordulia Adulto' |
| 'Neocordulia Larva' |
| 'Paracordulia Adulto' |
| 'Paracordulia Larva' |

Figura 22. Respuesta a la pregunta de competencia ¿Cuáles son géneros del suborden Anisoptera?

5. ¿Cuáles son las especies de la familia Corduliidae?

```
SPARQL query:
PREFIX onto: <http://www.semanticweb.org/atorres/ontologies/2017/0/untitled-ontology-12#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
SELECT DISTINCT ?especie WHERE {
?familia ?fpo ?orden FILTER (?fpo = onto:familia_pertenece_a_subOrden).
?genero ?gpf ?familia FILTER (?gpf = onto:genero_pertenece_a_familia).
?especie ?epg ?genero FILTER (?epg = onto:especie_pertenece_a_genero).
FILTER (?familia = onto:Corduliidae).
}
ORDER BY ?especie
```

'Lauromacromia Dubitalis Larva Macho'
'Mesocordulia Caudacuta Larva'
'Navicordulia Nitens Larva Macho'
'Paracordulia Paracordulia Larva'
'Aeschnosoma Auripennis Adulto Hembra'
'Aeschnosoma Auripennis Larva'
'Aeschnosoma Elegans Adulto Macho'
'Aeschnosoma Forcipula Larva'
'Lauromacromia Dubitalis Adulto Macho'
'Mesocordulia Caudacuta Adulto'
'Navicordulia Nitens Adulto Macho'
'Navicordulia Vagans Adulto Macho'
'Neocordulia Biancoi Adulto Hembra'
'Neocordulia Biancoi Adulto Macho'
'Neocordulia Biancoi Larva'
'Paracordulia Paracordulia Adulto'

Figura 23. Respuesta a la pregunta de competencia ¿Cuáles las especies de la familia Corduliidae?

6. ¿Cuáles son las especies un género en específico?

```
SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX onto: <http://www.semanticweb.org/atorres/ontologies/2017/0/untitled-ontology-12#>
SELECT DISTINCT ?especie WHERE {
?familia ?fpo ?orden FILTER (?fpo = onto:familia_pertenece_a_subOrden).
?genero ?gpf ?familia FILTER (?gpf = onto:genero_pertenece_a_familia).
?especie ?epg ?genero FILTER (?epg = onto:especie_pertenece_a_genero).
FILTER (?genero = onto:Aeschnosoma_Larva).
}
ORDER BY ?especie
```

'Aeschnosoma Auripennis Larva'
'Aeschnosoma Forcipula Larva'

Figura 24. Respuesta a la pregunta de competencia ¿Cuáles las especies de un género en específico?

7. Conociendo si tiene ganchos dorsales en la porción media, la forma de la placa frontal, si tiene espinas laterales abdominales anteriores en el segmento 8 y la protuberancia cónica ¿A qué género pertenece el ejemplar?

```
SPARQL query:
PREFIX onto: <http://www.semanticweb.org/atorres/ontologies/2017/0/untitled-ontology-12#>
SELECT DISTINCT ?genero
WHERE {
    ?subOrden ?spo ?orden FILTER (?spo = onto:subOrden_pertenece_a_orden)
    ?familia ?fpo ?subOrden FILTER (?fpo = onto:familia_pertenece_a_subOrden)
    ?genero ?gpf ?familia FILTER (?gpf = onto:genero_pertenece_a_familia)
    ?especie ?epg ?genero FILTER (?epg = onto:especie_pertenece_a_genero)
    ?genero ?p1 ?v1 FILTER (?p1= onto:ganchos_dorsales_porcion_media_S) FILTER (?v1 = 'si')
    ?genero ?p3 ?v3 FILTER (?p3= onto:placa_frontal) FILTER (?v3 = 'prominente')
    ?genero ?p5 ?v5 FILTER (?p5= onto:protuberancia_conica) FILTER (?v5 = 'no')
    ?genero ?p6 ?v6 FILTER (?p6= onto:espinas_laterales_abdominales_anteriores_S8) FILTER (?v6 = 'si')
}
```

'Lauromacromia Larva'

Figura 25. Respuesta a la pregunta de competencia: Conociendo si tiene ganchos dorsales en la porción media, la forma de la placa frontal, si tiene espinas laterales abdominales anteriores en el segmento 8 y la protuberancia cónica ¿A qué género pertenece el ejemplar?

8. Conociendo el color de syntorax, la longitud del ala posterior, colocar de patas y longitud de pteroestigma AA ¿Cuál es el ejemplar presente?

```
SPARQL query:
PREFIX onto: <http://www.semanticweb.org/atorres/ontologies/2017/0/untitled-ontology-12#>
SELECT DISTINCT ?especie
WHERE {
    ?subOrden ?spo ?orden FILTER (?spo = onto:subOrden_pertenece_a_orden)
    ?familia ?fpo ?subOrden FILTER (?fpo = onto:familia_pertenece_a_subOrden)
    ?genero ?gpf ?familia FILTER (?gpf = onto:genero_pertenece_a_familia)
    ?especie ?epg ?genero FILTER (?epg = onto:especie_pertenece_a_genero)
    ?especie ?p1 ?v1 FILTER (?p1= onto:color_syntorax) FILTER (?v1 = 'marron')
    ?especie ?p2 ?v2 FILTER (?p2= onto:color_patas) FILTER (?v2 = 'ligeramente rojizas marrones')
    ?especie ?p8 ?v8 FILTER (?p8= onto:longitud_AP) FILTER (?v8 = '41 mm')
    ?especie ?p9 ?v9 FILTER (?p9= onto:longitud_pteroestigma_AA) FILTER (?v9 = '2.33 mm')
}
```

'Aeschnosoma Auripennis Adulto Hembra'

Figura 26. Conociendo el color de syntorax, la longitud del ala posterior, colocar de patas y longitud de pteroestigma AA ¿Cuál es el ejemplar presente?

3.2.2 Evaluación ONTOQA: análisis de calidad de ontologías basado en métricas

Datos proporcionados por el editor protégé 5.1.0

| | |
|------------------------|----|
| Cantidad de clases | 23 |
| Cantidad de instancias | 33 |
| Cantidad de atributos | 99 |
| Cantidad de relaciones | 38 |

Cálculo de las métricas del esquema ontológico

Evalúan riqueza, amplitud, profundidad y herencia del esquema.

Riqueza de Relaciones (RR): diversidad de tipos de relaciones presentes en la ontología. Cuando el valor RR es cercano a cero (0) indica que la mayoría de las relaciones son de herencia, por el contrario, si son cercanos a uno (1), predominan las relaciones de no herencia.

$$RR = \frac{|P|}{|H| + |P|}$$

$$0 \leq RR \leq 1$$

Sustituyendo se tiene que:

$$P = 8, H = 22$$

$$RR = 8/22+8 = \mathbf{0.27}$$

Donde:

P = número de relaciones de no-herencia (ad-hoc)

H = número de relaciones de herencia

Análisis de resultado

Se obtiene como resultado 0.27, lo que implica que los tipos de relaciones de la ontología no están balanceados, predominando las relaciones de herencia.

Es importante resaltar que en el caso de la riqueza de las relaciones cuando hay predominio de relaciones ad-hoc, diferentes a las de herencia (sub-clase), lo que sucede es que la ontología está incorporando semántica a las relaciones lo que permite que sea más accesible desde el punto de vista de búsquedas semánticas, que es el fin último de ellas. Por ejemplo, para búsquedas semánticas si hay muchas relaciones ad-hoc (etiquetas en lenguaje más coloquial) será más productiva la recuperación de conocimiento dado que se está recuperando con etiquetas en lenguaje natural.

En el caso de esta ontología por ser de un dominio muy formal (biología) y por tratarse de una taxonomía per se, esto no aplica, ya que en las taxonomías las relaciones son rígidas del tipo sub-clase-de. Por tanto, el valor devuelto por el parámetro de evaluación es pertinente.

Riqueza de Herencia (RH): promedio de subclases por clases del esquema.

$$RH = \frac{|H|}{|C|}$$

$$0 \leq RH \leq 1$$

Donde:

H = número de relaciones definidas en el esquema (herencia)

C = número de clases definidas en la ontología

Sustituyendo se tiene que:

$$H = 22, C = 23$$

$$RH = 22/23 = \mathbf{0.95}$$

Análisis de resultado

Una ontología con poca riqueza de herencia sería profunda (valor cercano a cero (0)), lo que indica que la ontología cubre un dominio específico en una manera detallada, mientras que si tiene mayor riqueza representa una amplia gama de conocimiento con un bajo nivel de detalle.

El resultado obtenido (0.95) indica que la ontología representa una amplia gama de conocimiento con un bajo nivel de detalle.

Cálculo de las métricas de la base de conocimiento

Evalúan la efectividad del diseño ontológico y la cantidad de conocimiento del mundo real representado en la ontología (instancias).

Riqueza de Clases (RC): describe cómo las instancias están distribuidas a través de las clases, comparando la cantidad de clases instanciadas contra la cantidad total clases.

$$RC = \frac{|C'|}{|C|} \quad \mathbf{0 \leq RC \leq 1}$$

Donde:

C' = número total de clases que han sido instanciadas

C = número de clases definidas en la ontología

Sustituyendo se tiene que:

$$C' = 5, C = 23$$

$$RC = 5/23 = \mathbf{0.21}$$

Análisis de resultado

El resultado es un porcentaje que indica cómo la base de conocimiento utiliza clases definidas en el esquema. Si se tiene una RC muy baja, entonces no se tienen datos que ejemplifiquen todo el conocimiento que existe en el esquema.

Para este caso en particular se obtuvo 0.21, lo que significa que sólo el 21% de las clases han sido instanciadas, en consecuencia no se tienen ejemplos (instancias) que representen el total del conocimiento reflejado en la ontología; sin embargo se ha mencionado que la ontología por ser un dominio muy formal y ser una taxonomía no se instancias todas las clases, sino las necesarias para la descripción jerárquica de los insectos tales como Orden, SubOrden, Familia, Género y Especie.

Importancia de Clases (Imp): define el porcentaje de instancias que pertenecen a un subárbol de la base de conocimiento con raíz en la clase i , en comparación al número total de instancias de clase en la base de conocimiento.

$$\text{Imp}(C_i) = \frac{|\text{Inst}(C_i)|}{|\text{BC}(CI)|}$$

Donde:

Inst (Ci) = número de instancias de la clase C_i

BC (CI) = número de clases instanciadas

Rango = Rango de comparación de importancia de clase

$$\text{Rango} = \text{MaxImp}(C_i)/2$$

Sustituyendo se tiene que:

$$\text{BC} = 5$$

$$\text{Rango} = 4/2 = 2$$

| | | |
|----------------------------------|------|-------|
| Imp(InsectoAcuatico) | 0/5 | 0* |
| Imp(Orden) | 1/5 | 0.2* |
| Imp(SubOrden) | 2/5 | 0.4* |
| Imp(Familia) | 1/5 | 0.2* |
| Imp(Genero) | 12/5 | 2.4** |
| Imp(Especie) | 17/5 | 3.4** |
| Imp(Adulto) | 0/5 | 0* |
| Imp(Abdomen_Adulto) | 0/5 | 0* |
| Imp(AparatoGenital_Adulto) | 0/5 | 0* |
| Imp(SegmentosAbdominales_Adulto) | 0/5 | 0* |
| Imp(Cabeza_Adulto) | 0/5 | 0* |
| Imp(Antenas_Adulto) | 0/5 | 0* |
| Imp(Torax_Adulto) | 0/5 | 0* |
| Imp(Alas_Adulto) | 0/5 | 0* |
| Imp(Patas_Adulto) | 0/5 | 0* |

| | | |
|---------------------------------|-----|----|
| Imp(Larva) | 0/5 | 0* |
| Imp(Abdomen_Larva) | 0/5 | 0* |
| Imp(AparatoGenital_Larva) | 0/5 | 0* |
| Imp(SegmentosAbdominales_Larva) | 0/5 | 0* |
| Imp(Cabeza_Larva) | 0/5 | 0* |
| Imp(Antenas_Larva) | 0/5 | 0* |
| Imp(Torax_Larva) | 0/5 | 0* |
| Imp(Patas_Larva) | 0/5 | 0* |

Análisis de resultado

Las áreas del dominio que son más representativas y con mayor cantidad de instancias e información son aquellas con valores por encima de 2, las demás clases (*) son menos representativas y poseen valores por debajo de 2 con pocas instancias o ninguna. Lo que quiere decir que las clases Género y Especie contienen la mayor cantidad de instancias y por tanto son las más importantes para el dominio.

Visto de manera general se puede decir que:

En las métricas del esquema ontológico la riqueza de relaciones refleja mayoría de relaciones de tipo sub-clase-de lo cual es acertado porque el dominio describe una taxonomía de especies y la riqueza de herencia muestra que la ontología representa una gama amplia de conocimiento del dominio con bajo nivel de detalle.

En cuanto a las métricas de base de conocimiento la riqueza de clases expresa que no se tienen instancias del total del conocimiento de la ontología, pero sí de las que son más importantes para la descripción del dominio.

Cabe resaltar que este dominio es en esencia muy complejo, los especímenes de Odonatos son muy variados, de hecho en Venezuela hay muy pocos identificados dada su variedad, pero los que están identificados lo están completamente. Por lo que en la ontología se describen completamente esos pocos.

Capítulo 4. Desarrollo de la aplicación web

En esta sección se describen cada una de las actividades realizadas para el desarrollo de la aplicación web.

Una vez desarrollada la ontología se procedió a realizar la aplicación web que permitirá a los usuarios consultar, identificar y manipular recursos (videos, audio, imágenes y documentos) de los insectos acuáticos. Dicha aplicación se desarrolló por medio de la metodología James-Senn, que consta de 6 fases: investigación preliminar, determinación de los requerimientos del sistema, diseño del sistema, desarrollo del sistema, prueba de sistemas, implantación y evaluación (Ver figura27).

La razón por la que se selecciona esta metodología es por su completitud, ya que abarca todos los aspectos de la vida del software desde su concepción hasta su puesta en marcha, contemplando un proceso cíclico en caso de que alguna de las etapas tenga fallas. No se utilizan metodologías ágiles porque en su mayoría se necesita un equipo para funcionar como por ejemplo Scrum, Crystal Clear, XP, otras como agilUs se enfocan en interfaces y Agil UP enfatiza la gestión de riesgo. También se podrían considerar las llamadas metodologías tradicionales o pesadas como espiral pero son para proyectos de larga duración y no se acoplan a este tipo de proyecto. Por tanto se consideró que para las necesidades de este caso de estudio la metodología Senn es suficiente porque sus 6 fases son básicamente las que se utilizan en el desarrollo de un software.

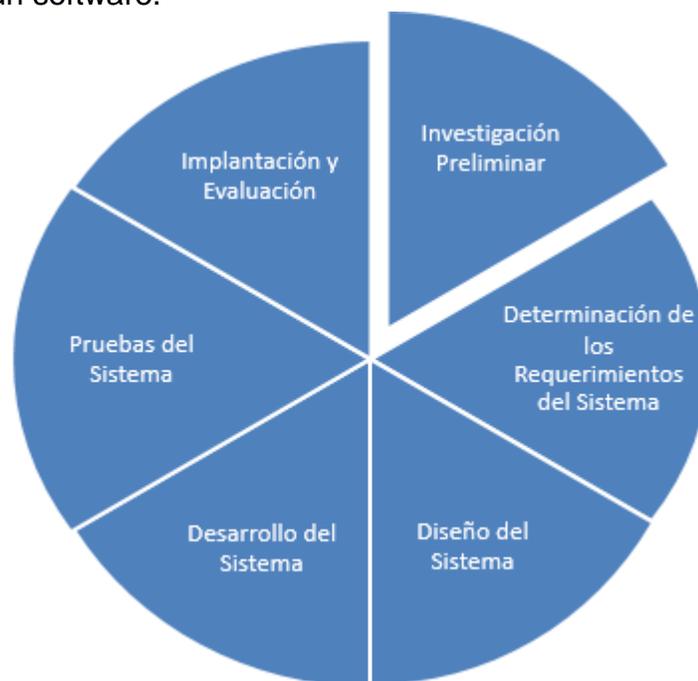


Figura 27. Metodología James-Senn

A continuación se muestra el desarrollo de cada una de las fases de la metodología James-Senn:

4.1 Investigación preliminar

Contempla la observación directa del entorno, aplicación de entrevistas para recolectar información, estimar el alcance del proyecto. Para esto se tuvo entrevistas con expertos en el área de biología y en el área de ontología. Dando como resultado la idea general de lo que se quería.

4.2 Determinación de los requerimientos del sistema

En esta fase se describieron formalmente los requisitos funcionales y técnicos para el desarrollo del proyecto.

4.2.1 Modelo de casos de uso

Los casos de uso se crean para refinar un conjunto de requisitos de acuerdo con una función o tarea. En lugar de la tradicional lista de requisitos que quizá no trate de forma directa el uso de la solución, los casos de uso reúnen requisitos comunes basados en el tipo de función u objetivo. Los casos de uso definen qué harán los usuarios o funciones en la solución y un proceso empresarial define cómo realizarán esas funciones. (IBM Knowledge Center, 2013). A continuación se muestra el modelo de casos de uso del dominio:

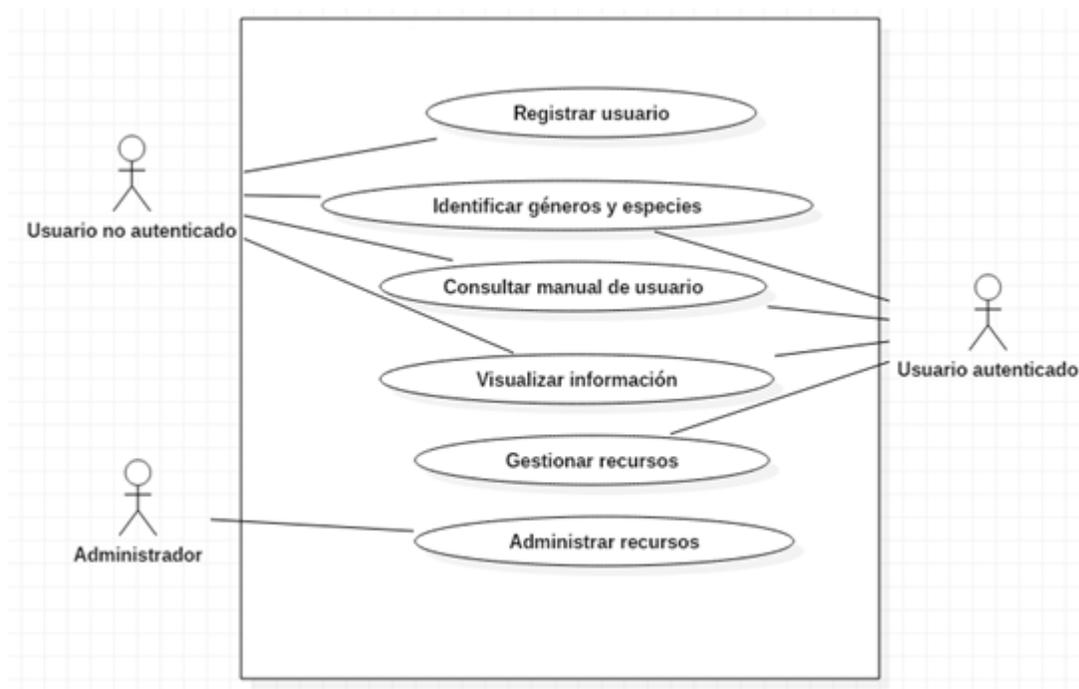


Figura 28. Diagrama de casos de uso de la aplicación

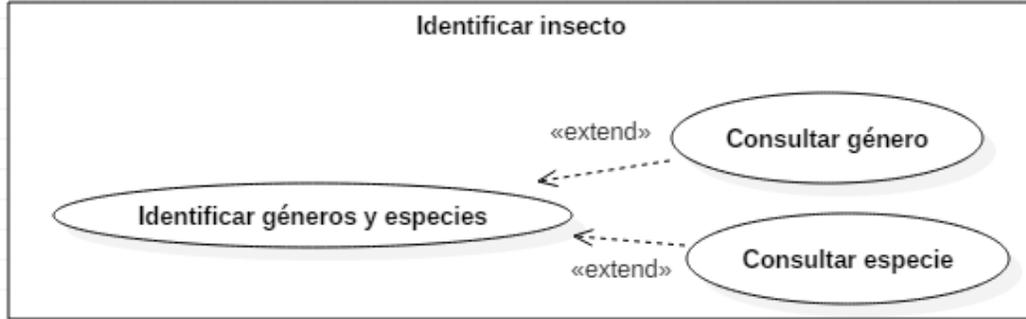


Figura 29. Diagrama de casos de uso de Identificar Insecto

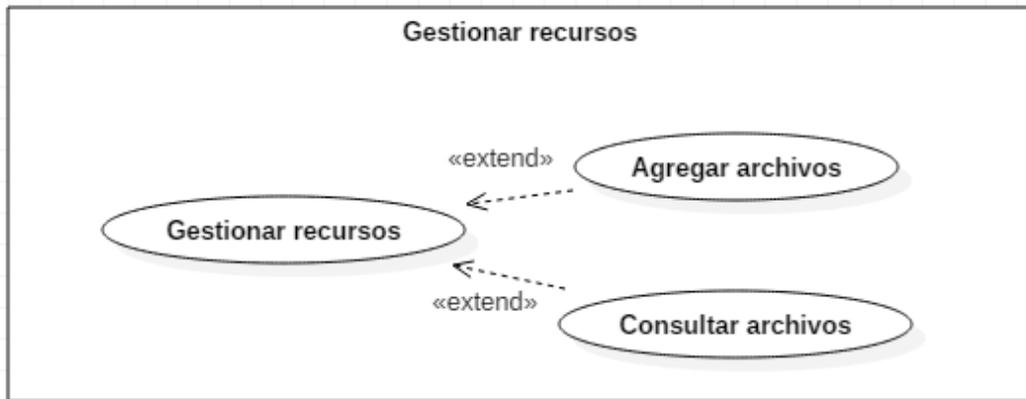


Figura 30. Diagrama de casos de uso de Gestionar Recursos

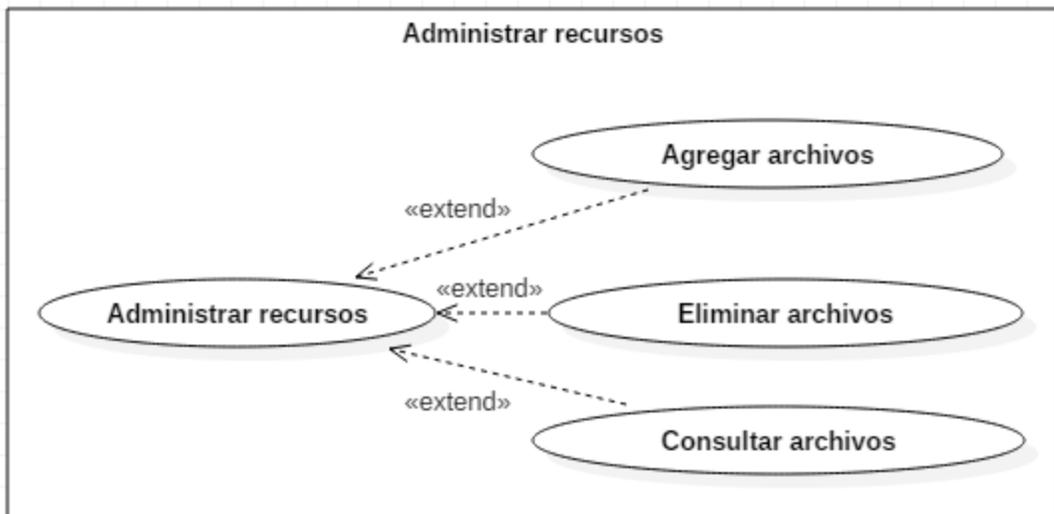


Figura 31. Diagrama de casos de uso Administrar Recursos

4.2.2 Especificación de casos de uso

La especificación de los casos de uso contiene nombre del caso de uso y descripción. El nombre es un verbo que indica de qué se trata la tarea que se va a modelar y la descripción es un texto en el que se describe la tarea, haciendo énfasis en los puntos de interacción entre el usuario y el sistema. A continuación se especifican los casos de usos detectados en el análisis.

Tabla 12. Caso de uso Registrar datos

| | |
|----------------------|---|
| Caso de uso | CU_01 Registrar datos |
| Descripción | El actor podrá registrarse en la aplicación para agregar recursos |
| Actor | Usuario no autenticado |
| Precondición | El usuario debe ingresar al portal |
| Postcondición | Usuario registrado |

Tabla 13. Caso de uso Identificar géneros y especies

| | |
|----------------------|---|
| Caso de uso | CU_02 Identificar géneros y especies |
| Descripción | El actor podrá identificar géneros y especies respondiendo a las preguntas realizadas por la aplicación |
| Actor | Usuario no autenticado y Usuario autenticado |
| Precondición | Ninguna |
| Postcondición | Ninguna |

Tabla 14. Caso de uso Consultar manual de usuario

| | |
|----------------------|--|
| Caso de uso | CU_03 Consultar manual de usuario |
| Descripción | El actor podrá consultar el manual para conocer las opciones que provee el portal web. |
| Actor | Usuario no autenticado y Usuario autenticado |
| Precondición | Ninguna |
| Postcondición | Ninguna |

Tabla 15. Caso de uso Visualizar información

| | |
|----------------------|---|
| Caso de uso | CU_04 Visualizar información |
| Descripción | El actor podrá visualizar información sobre el dominio. |
| Actor | Usuario no autenticado y Usuario autenticado |
| Precondición | Ninguna |
| Postcondición | Ninguna |

Tabla 16. Caso de uso Gestionar recursos

| | |
|----------------------|---|
| Caso de uso | CU_05 Gestionar recursos |
| Descripción | El actor podrá consultar y agregar recursos asociados a los insectos del dominio. |
| Actor | Usuario autenticado |
| Precondición | Para agregar el actor debe estar registrado en el sistema |
| Postcondición | Ninguna |

Tabla 17. Caso de uso Administrar recursos

| | |
|----------------------|---|
| Caso de uso | CU_07 Administrar recursos |
| Descripción | El actor podrá consultar, agregar y eliminar recursos asociados a los insectos del dominio. |
| Actor | Administrador |
| Precondición | El actor debe estar registrado en el sistema |
| Postcondición | Ninguna |

4.3 Diseño del sistema

En esta etapa se definieron los detalles en los que el sistema cumplirá los requerimientos definidos en la etapa anterior. El resultado obtenido es la arquitectura de la aplicación, es decir los módulos e interacción de componentes en la aplicación.

La arquitectura propuesta está basada en el desarrollo por capas del modelo cliente-servidor y está compuesta por una capa de presentación, capa de negocios y capa de datos. A continuación se describen cada una de ellas:

Capa de presentación: esta capa permitirá la interacción con el usuario a través de interfaces.

Capa lógica de negocio: esta capa contendrá los módulos:

- *Consulta:* este módulo se encargará de procesar las peticiones recibidas de la capa de presentación. Se implantarán estrategias para recuperar el conocimiento almacenado en la ontología
- *Identificación:* este módulo contendrá los algoritmos y reglas de identificación de los Odonatos y estará en constante comunicación con la capa de datos para responder solicitudes
- *Gestión:* este módulo será utilizado por un usuario administrador y permitirá hacer modificaciones a la ontología, manipular los usuarios registrados y recursos, ya sea agregando, editando o eliminando información

Capa de datos: estará formada por la ontología de la familia Corduliidae, así como también por la base de datos de administración de la aplicación web.



Figura 32. Arquitectura de la aplicación

4.4 Desarrollo del sistema

En esta etapa se codifican los módulos y tareas planeadas en los pasos anteriores. Módulos de consulta, identificación y gestión codificados e integrados con la ontología. Se muestran imágenes de la aplicación desarrollada:

La imagen muestra dos formularios de interfaz de usuario. El formulario de la izquierda es para el inicio de sesión, con campos para 'Correo' (Escribe tu correo electrónico) y 'Clave' (Escribe tu clave), un botón 'Ingresar' y enlaces para '¿No tienes cuenta? ¡Regístrate!' y '¿Olvidaste tu clave?'. El formulario de la derecha es para el registro, con campos para 'Nombre' (Escribe tu nombre), 'Apellido' (Escribe tu apellido), 'Correo' (Escribe tu correo electrónico) y 'Clave' (Escribe tu clave), y botones 'Registrar' y 'Cancelar'.

Figura 33. Login y registro

La imagen muestra la página de inicio del portal web. El encabezado contiene el título 'SISTEMA BASADO EN ONTOLOGÍAS PARA APOYAR LA IDENTIFICACIÓN DE GÉNEROS Y ESPECIES DE LA FAMILIA CORDULIIDAE' y una imagen de un zángano. El menú de navegación incluye 'INICIO', 'IDENTIFICACION', 'RECURSOS' y 'CONTACTO', con un botón 'Ingresar'. El contenido principal está dividido en secciones: 'ORDEN ODONATA' con una descripción de los insectos y 'LO MAS RECIENTE' que muestra dos artículos recientes: 'Check List' y 'Reporte Odonata'.

Figura 34. Inicio del portal web

La imagen muestra el módulo de identificación de insectos. El encabezado es idéntico al de la página de inicio. El menú de navegación incluye 'INICIO', 'IDENTIFICACION', 'RECURSOS' y 'CONTACTO', con un botón 'Ingresar'. El contenido principal está dividido en secciones: 'IDENTIFICACION DEL INSECTO' con una descripción de la herramienta y 'Problemas comunes' que muestra una lista de problemas comunes.

Figura 35. Módulo de identificación



GENEROS



Aeschnosoma Adulto

Aeschnosoma Selys, 1871 es un género en la familia Corduliidae perteneciente al suborden Anisoptera en orden Odonata . Este género incluye nueve especies: Aeschnosoma auripennis Geijskes 1970. Aeschnosoma elegans Selys, 1871. Aeschnosoma forcipula Hagen y Selys, 1871. Aeschnosoma hamadae Fleck y Neiss, 2012. Aeschnosoma heliophila Fleck, 2012. Aeschnosoma louisiriusi Fleck, 2012. Aeschnosoma marizae Santos 1981. Aeschnosoma pseudoforcipula Fleck De Marmels y Hamaga 2012. Aeschnosoma rustica Hagen en Selys, 2871

Figura 36. Módulo de recursos



Figura 37. Consulta de recursos

4.5 Pruebas del sistema

Esta fase consistió en verificar y validar que el sistema cumple con los objetivos y especificaciones por los que fue desarrollado. Esta fase se evaluó en dos segmentos:

Identificación de insectos

Se compararon los resultados de la aplicación con los del plugin de consulta sparql. A continuación se muestran dos ejemplos, identificación de género y especie respectivamente:

The screenshot shows two sequential steps of the insect identification process. Each step involves selecting characteristics and then viewing the identified result with a SPARQL query.

Step 1: Identificación del Insecto (Género)

Selección de características:

- Presencia de ganchos dorsales en la porción media de los segmentos abdominales
- Ausencia de ganchos dorsales en la porción media de los segmentos abdominales

Possible Genera: Laurocordulia, Mesocordulia, Neocordulia, Paracordulia, Aeschnosoma, Neocordulia.

SPARQL query:

```
PREFIX onto: <http://www.semanticweb.org/atorres/ontologies/2017/0/untitled-ontology-12#>
SELECT DISTINCT ?genero
WHERE {
  ?subOrden ?spo ?orden FILTER (?spo = onto:subOrden_pertenece_a_orden)
  ?familia ?fpo ?subOrden FILTER (?fpo = onto:familia_pertenece_a_subOrden)
  ?genero ?gpf ?familia FILTER (?gpf = onto:genero_pertenece_a_familia)
  ?especie ?epg ?genero FILTER (?epg = onto:especie_pertenece_a_genero)
  ?genero ?p1 ?v1 FILTER (?p1 = onto:ganchos_dorsales_porcion_media_S) FILTER (?v1 = 'no')
}
```

Result: 'Neocordulia Larva', 'Aeschnosoma Larva'

Step 2: Identificación del Insecto (Especie)

Selección de características:

- Esquinas laterales abdominales en el S9 muy desarrolladas, las del S9 pasando el ápice de la pirámide anal
- Esquinas laterales abdominales en el S9 muy poco desarrolladas y nunca sobrepasando el ápice de la pirámide anal

Possible Species: Aeschnosoma, Aeschnosoma, Neocordulia.

SPARQL query:

```
PREFIX onto: <http://www.semanticweb.org/atorres/ontologies/2017/0/untitled-ontology-12#>
SELECT DISTINCT ?genero
WHERE {
  ?subOrden ?spo ?orden FILTER (?spo = onto:subOrden_pertenece_a_orden)
  ?familia ?fpo ?subOrden FILTER (?fpo = onto:familia_pertenece_a_subOrden)
  ?genero ?gpf ?familia FILTER (?gpf = onto:genero_pertenece_a_familia)
  ?especie ?epg ?genero FILTER (?epg = onto:especie_pertenece_a_genero)
  ?genero ?p1 ?v1 FILTER (?p1 = onto:ganchos_dorsales_porcion_media_S) FILTER (?v1 = 'no')
  ?genero ?p2 ?v2 FILTER (?p2 = onto:esquinas_laterales_abdominales_S9) FILTER (?v2 = 'muy desarrolladas')
}
```

Result: 'Aeschnosoma Larva'

Final Summary:

EL INSECTO IDENTIFICADO ES **AESCHNOSOMA LARVA**

Género perteneciente a la familia Cordulidae. [Clic aquí](#) para ver el detalle

Finalizar

Figura 38. Identificación de Aeschnosoma Larva por aplicación web y SPARQL query

The screenshot shows two sequential steps of the insect identification process. Each step involves selecting characteristics and then viewing the identified result with a SPARQL query.

Step 1: Identificación del Insecto (Especie)

Selección de características:

- El abdomen es casi 2 veces más largo que ancho y presenta marcas oscuras en la superficie dorsal del 6to al 9 segmento
- La espin lateral en el noveno segmento abdominal no es más de tres veces la sumatoria de la longitud media dorsal del noveno y décimo segmento abdominal
- La espin lateral en el noveno segmento abdominal es de cuatro a cinco veces la sumatoria de la longitud media dorsal del noveno y décimo segmento abdominal

Possible Species: Aeschnosoma, Aeschnosoma, Aeschnosoma, Forcipula, Neocordulia, Biancoi.

SPARQL query:

```
PREFIX onto: <http://www.semanticweb.org/atorres/ontologies/2017/0/untitled-ontology-12#>
SELECT DISTINCT ?especie
WHERE {
  ?subOrden ?spo ?orden FILTER (?spo = onto:subOrden_pertenece_a_orden)
  ?familia ?fpo ?subOrden FILTER (?fpo = onto:familia_pertenece_a_subOrden)
  ?genero ?gpf ?familia FILTER (?gpf = onto:genero_pertenece_a_familia)
  ?especie ?epg ?genero FILTER (?epg = onto:especie_pertenece_a_genero)
  ?especie ?p1 ?v1 FILTER (?p1 = onto:longitud_abdomen) FILTER (?v1 = 'dos veces mas largo que ancho')
  ?especie ?p2 ?v2 FILTER (?p2 = onto:marcas_oscuras_s9_6to_al_9_segmento) FILTER (?v2 = 'si')
}
```

Result: 'Neocordulia Biancoi Larva'

Step 2: Identificación del Insecto (Género)

Selección de características:

- El abdomen es casi 2 veces más largo que ancho y presenta marcas oscuras en la superficie dorsal del 6to al 9 segmento
- La espin lateral en el noveno segmento abdominal no es más de tres veces la sumatoria de la longitud media dorsal del noveno y décimo segmento abdominal
- La espin lateral en el noveno segmento abdominal es de cuatro a cinco veces la sumatoria de la longitud media dorsal del noveno y décimo segmento abdominal

Possible Genera: Aeschnosoma, Aeschnosoma, Aeschnosoma, Forcipula, Neocordulia, Biancoi.

SPARQL query:

```
PREFIX onto: <http://www.semanticweb.org/atorres/ontologies/2017/0/untitled-ontology-12#>
SELECT DISTINCT ?genero
WHERE {
  ?subOrden ?spo ?orden FILTER (?spo = onto:subOrden_pertenece_a_orden)
  ?familia ?fpo ?subOrden FILTER (?fpo = onto:familia_pertenece_a_subOrden)
  ?genero ?gpf ?familia FILTER (?gpf = onto:genero_pertenece_a_familia)
  ?especie ?epg ?genero FILTER (?epg = onto:especie_pertenece_a_genero)
  ?especie ?p1 ?v1 FILTER (?p1 = onto:longitud_abdomen) FILTER (?v1 = 'dos veces mas largo que ancho')
  ?especie ?p2 ?v2 FILTER (?p2 = onto:marcas_oscuras_s9_6to_al_9_segmento) FILTER (?v2 = 'si')
}
```

Result: 'Neocordulia Biancoi Larva'

Final Summary:

EL INSECTO IDENTIFICADO ES **NEOCORDULIA BIANCOI LARVA**

Especie perteneciente a la familia Cordulidae. [Clic aquí](#) para ver el detalle

Finalizar

Figura 39. Identificación de Neocordulia Biancoi Larva por aplicación web y SPARQL query

SISTEMA BASADO EN ONTOLOGIAS PARA APOYAR LA IDENTIFICACION DE
GENEROS Y ESPECIES DE LA FAMILIA CORDULIIDAE



[INICIO](#) • [IDENTIFICACION](#) • [RECURSOS](#) • [CONTACTO](#)
Ingresar



AESCHNOSOMA LARVA

Aeschnosoma Selys, 1871 es un género en la familia Corduliidae perteneciente al suborden Anisoptera en orden Odonata .
Este género incluye nueve especies .

- **Aeschnosoma auripennis Geijskes 1970**
- **Aeschnosoma elegans Selys, 1871**
- **Aeschnosoma forcipula Hagen y Selys, 1871**
- **Aeschnosoma hamadae Fleck y Neiss, 2012**
- **Aeschnosoma heliophila Fleck, 2012**
- **Aeschnosoma louissiriusi Fleck, 2012**
- **Aeschnosoma marizae Santos 1981**
- **Aeschnosoma pseudoforcipula Fleck De Marmels y Hamaga 2012**
- **Aeschnosoma rustica Hagen en Selys, 2871**

Las larvas se reconocen por:

- Ausencia de ganchos dorsales en la porción media de los segmentos abdominales
- Espinas laterales abdominales en el S9 muy desarrolladas, las del S9 pasando el ápice de la pirámide anal; margen posterior y lateral del occipicio separados dorsalmente por un tubérculo bajo formado por un verticilo de setas en forma de espinas muy fuertes.



Taxonomía

Reino: Animalia
Filo: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Odonata
SubOrden: Anisoptera
Género: Aeschnosoma Selys, 1871

Figura 40. Detalle del ejemplar identificado Aeschnosoma Larva

SISTEMA BASADO EN ONTOLOGIAS PARA APOYAR LA IDENTIFICACION DE
GENEROS Y ESPECIES DE LA FAMILIA CORDULIIDAE



[INICIO](#) • [IDENTIFICACION](#) • [RECURSOS](#) • [CONTACTO](#)
Ingresar



NEOCORDULIA BIANCOI LARVA

Neocordulia biancoi Rácenis, 1970. El abdomen es casi 2 veces mas largo que ancho y presenta marcas oscuras en la superficie dorsal del 6to al 9 segmento. El epipecto es más corto que el paraplecto pero más largo que los cercos



Taxonomía

Reino: Animalia
Filo: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Odonata
SubOrden: Anisoptera
Género: Neocordulia biancoi
Rácenis, 1970
Especie: Neocordulia biancoi
Rácenis, 1970

Figura 41. Detalle del ejemplar identificado Neocordulia Biancoi Larva

Gestión de recursos

Se validó que se agregara y eliminaran los recursos y que funcionaran los mensajes de error en caso de excepciones.



Figura 42. Mensaje de error con usuario y/o contraseña errada



Figura 43. Mensaje de error con recurso inválido

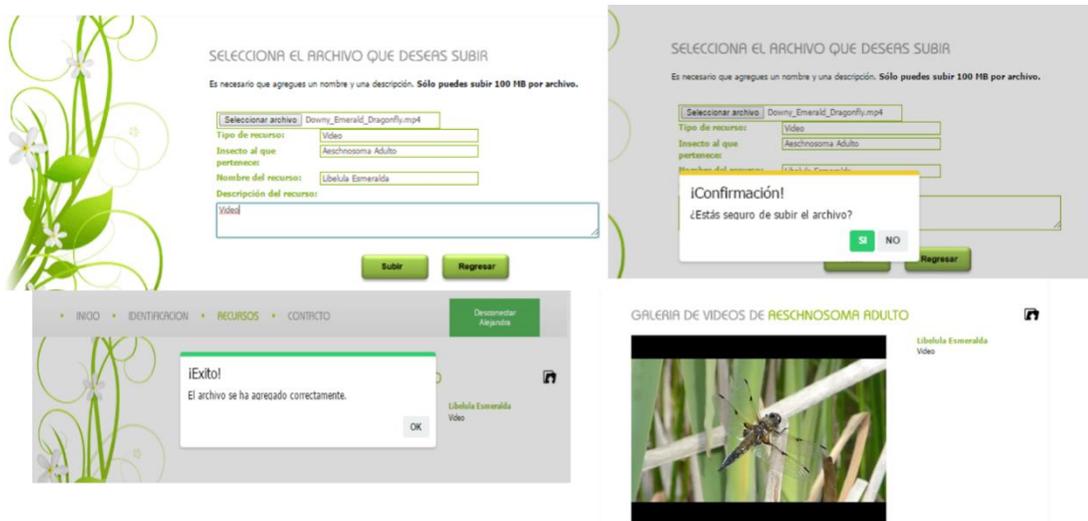


Figura 44. Secuencia exitosa de agregar recurso de tipo video

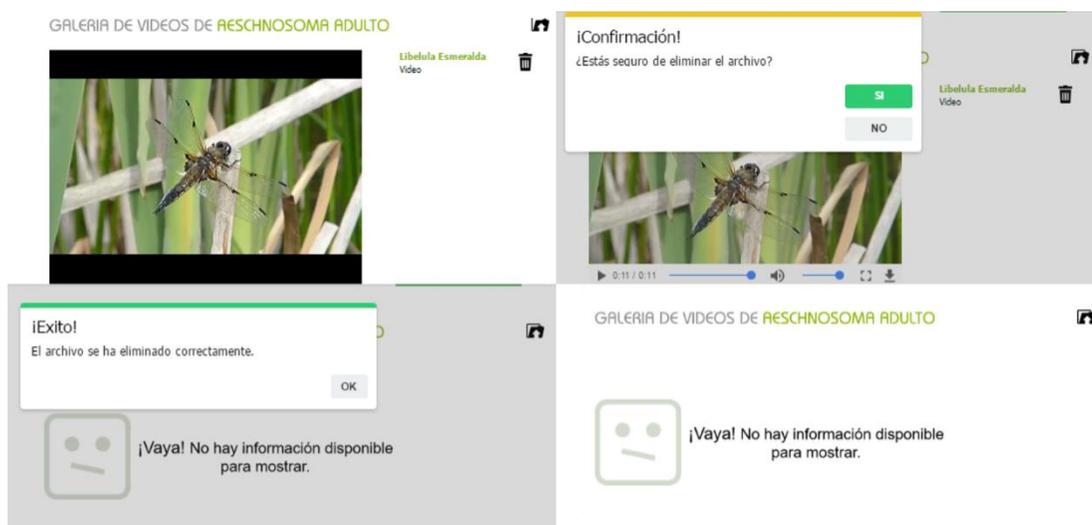


Figura 45. Secuencia exitosa de eliminar un recurso de tipo video

4.6 Implantación y evaluación

Esta etapa consistió en alojar la aplicación en un servidor gratuito para la certificación de todos los datos, equipos y archivos necesarios para su puesta en marcha.

Una vez realizado esto se evaluó la interacción del usuario con lo desarrollado. Inicialmente se le pidió al usuario experto revisar el manual ubicado en el menú principal del portal web. Posteriormente se constató la aceptación de la aplicación en dos partes:

- a) En la *primera parte* se le plantearon al usuario una serie de escenarios, en los cuales se le solicitó realizar tareas específicas y así poder probar su reacción ante cada una de ellas, tales como registrarse, realizar una identificación y gestionar un recurso específico.

- b) En la *segunda parte*, se trató de evaluar si el aplicativo cumple con algunas de las heurísticas para el diseño de interfaces propuesto por (Nielsen, 1995), haciendo interrogantes sobre la dificultad para realizar alguna actividad, si la aplicación ayuda a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores, si mantiene consistencia y estándares para el flujo de navegación, tamaño, color y tipo de fuente, si las imágenes (metáforas) de los botones le resultan familiares con la función que realizan y si se le presentó algún tipo de error que no pudiera manejar, para lo cual el usuario respondió de forma positiva cada una de las interrogantes, afirmando que la interfaz del sistema es simple, sencilla y organizada, siente comodidad con el tipo y colores de fuente, y que el sistema prestó asistencia para realizar las tareas, apoyándose en la interfaz para saber dónde está, qué está haciendo y qué puede hacer.

Conclusiones

Luego de haber realizado la respectiva investigación sobre la familia Corduliidae del Orden Odonata se logró representar y estandarizar el conocimiento obtenido y con la ayuda de un experto del área, se pudo determinar las claves dicotómicas de los géneros y especies para esta familia. Esto, minimiza considerablemente los problemas de estandarización, organización, redundancia y ambigüedad al momento de realizar la catalogación del insecto.

Gracias a la utilización de métodos y herramientas probados, se consiguió construir una ontología válida que sirve de repositorio de conceptos del dominio sobre el cual se pueden hacer inferencias, realizar búsquedas semánticas (sinónimos, palabras incompletas, hipónimos) dando como resultado un nuevo instrumento para el análisis de la información.

Se puede decir que con la construcción del sistema con orientación a la web fundamentado en la ontología de dominio se dio respuesta a la pregunta de investigación: *¿Cómo organizar y estandarizar el conocimiento de los insectos del Orden Odonata, de manera tal que sea posible apoyar el proceso de identificación de las especies y géneros de la familia Corduliidae, perteneciente al suborden Anisoptera, reduciendo la ambigüedad?* Porque sirve como guía de referencia rápida para los investigadores en la identificación de este tipo de insectos centralizando y organizando el conocimiento fundamental, de experticia y operacional del dominio de los odonatos, específicamente especies y géneros de la familia Corduliidae del suborden Anisoptera. Proporcionando un vocabulario común entre personas, disminuyendo confusiones semánticas y produciendo conocimiento confiable y reutilizable.

La aplicación desarrollada no solo permitirá a los investigadores identificar géneros y especies a partir de claves, sino que también podrán compartir información sobre esos insectos en distintos formatos multimedia, logrando así un entorno colaborativo en donde la información es libre y consensuada.

Las pruebas realizadas a la aplicación garantizan un producto mínimo viable de calidad, ya que las incidencias encontradas se solventaron en su totalidad.

Debido al manual de usuario realizado se mejora la experiencia de usuario dado que por medio de él es posible conocer los módulos y sus funcionalidades, dando un panorama general del alcance de la aplicación.

Recomendaciones

A partir de esta investigación se recomienda incorporar las ontologías de insectos acuáticos en una misma plataforma, con el fin de centralizar la información; así como también exponer servicios web (web services) para que se puedan consultar datos de la ontología desde otra aplicación, dado que aportan interoperabilidad entre aplicaciones de software independientemente de sus propiedades o de las plataformas sobre las que se instalen, además de que fomentan los estándares y protocolos basados en texto, que hacen más fácil acceder a su contenido y entender su funcionamiento.

Adicionalmente sería interesante incluir en el portal web una sección de comentarios para que los usuarios puedan opinar sobre la veracidad de la información y den sus recomendaciones.

Referencias

- Asociación Odonatológica de Andalucía. (2017). *Base de datos Odonata*. Recuperado el 20 de mayo de 2017, de <http://www.bioscripts.net/libelulas/index.php?familia=Corduliidae>
- Aguilar, D. M. (2008). *Búsqueda Web basada en Ontologías de Dominio*. Tesis de Maestría, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Victoria.
- Arthropoda en MIZA*. (2015). Recuperado el 28 de julio de 2015, de <http://biodata.miza-ucv.org.ve/es/arthropoda/odonata>
- Bard, J. B., & Rhee, S. Y. (2004). *Ontologies in biology: design, applications and future challenges*. California, Estados Unidos: NATURE REVIEWS | GENETICS.
- Barrera, M., Nuñez, H., & Ramos, E. (2012). *Ingeniería Ontológica*. ND 2012-01, Lecturas en Ciencias de la Computación. Facultad de Ciencias Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Barrera, M., Nuñez, H., & Ramos, E. (enero de 2010). *Ingeniería Ontológica. Lecturas en Ciencias de la Computación*. Caracas. doi:ND 2012-01
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V., & Bernhard, S. (31 de agosto de 2005). *Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches*. *Annual Reviews entomology*(51), 495-593. Recuperado el 07 de julio de 2015, de http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/water/paper/cistup_TR1/DEVELOPMENTS%20IN%20AQUATIC%20INSECT%20BIOMONITORING.pdf
- Borches, C. (15 de mayo de 2006). *Micro seminario de educación, ciencia y tecnología*. Recuperado el 13 de junio de 2015, de <http://www.fcen.uba.ar/prensa/micro/2006/559/articulo2.html>
- Borst, W. (1997). *Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse*. Tesis Ph. D, University of Twente, Dissertation. Recuperado el 2 de abril de 2015, de <http://doc.utwente.nl/17864/1/t0000004.pdf>
- Brewster, C., Alani, H., Srinandan, D., & Yorick, W. (2004). *Data Driven Ontology Evaluation*. *International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2004)*, (págs. 24-30). Lisboa. Recuperado el 08 de mayo de 2017, de <http://oro.open.ac.uk/20045/1/brewsterlrec-final.pdf>
- Comunidad Virtual de Entomología*. (2002). Recuperado el 28 de junio de 2015, de http://entomologia.rediris.es/introento/08cuantos_insectos_existen_en_la_p.htm
- Corcho, O., Fernández, M., Gómez, A., & López, A. (2005). *Building legal ontologies with Methontology and WebODE*. Recuperado el 12 de julio de 2015, de http://www.cs.man.ac.uk/~ocorcho/documents/LawSemWeb2004_CorchoEtAl.pdf

- Cotta, A. (09 de noviembre de 2008). *Anisoptera*. Recuperado el 20 de mayo de 2017, de https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Anisoptera_Ana_Cotta_3022296333.jpg
- De Marmels, J. (2007). Reportes de Odonata nuevos para Venezuela. *ENTOMOTROPICA*, 22(1), 45-47.
- De Marmerls, J. (enero de 2015). *Lista de los odonatas en Venezuela*. Recuperado el 28 de junio de 2015, de <http://biodata.miza-ucv.org.ve/sites/default/files/ChecklistOdonataVzla-DeMarmels-Jan2015.pdf>
- Deco, C. (2004). *Propuesta de un refinador semántico para recuperación de la información desde la Web*. Tesis de Maestría, Universidad de la República de Montevideo Uruguay, Montevideo.
- Disease Ontology*. (s.f.). Recuperado el 27 de septiembre de 2015, de <http://disease-ontology.org/>
- Esquivel, C. (1997). *Familia Corduliidae (Libelulas)*. Recuperado el 20 de mayo de 2017, de <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto223.html>
- Fernández, V. (2014). *Sistema basado en ontologías para apoyar la identificación de macroinvertebrados acuáticos del orden Plecóptera*. Tesis de Maestría, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Gene Ontology*. (s.f.). Recuperado el 27 de septiembre de 2015, de <http://geneontology.org/>
- Grüninger, M., & Fox, M. (13 de abril de 1995). *Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies*. Toronto. Recuperado el 11 de mayo de 2017, de <http://www.eil.utoronto.ca/wp-content/uploads/enterprise-modelling/papers/gruninger-ijcai95.pdf>
- Haney, J. (2013). *UNH Center for Freshwater Biology*. Recuperado el 20 de mayo de 2017, de http://cfb.unh.edu/StreamKey/html/organisms/OOdonata/SO_Anisoptera/FCorduliidae/Corduliidae.html
- Heckman, C. (2006). *Encyclopedia of South American Acuatic Insects: Odonata - Anisoptera*. Hamburgo, Alemania: Springer.
- Heckman, C. (2008). *Encyclopedia of South American Acuatic Insects: Odonata - Zygoptera*. Olympia, Estados Unidos: Springer.
- IBM Knowledge Center. (30 de mayo de 2013). Recuperado el 20 de mayo de 2017, de https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSWSR9_11.0.0/com.ibm.pim.dev.doc/pim_tsk_arc_definingusecases.html
- Ladrera, R., Rieradevall, M., & Prat, N. (2013). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. *Revista de Didáctica*, 11. Recuperado el 13 de junio de 2015, de http://www.ehu.eus/ikastorratza/11_alea/macro.pdf
- Lozano, A., & Gómez, A. (2004). ONTOMETRIC: A method to choose the appropriate ontology. *Journal of Database Management*, 15(2).

- Recuperado el 13 de mayo de 2017, de http://oa.upm.es/6467/1/ONTOMETRIC_A_Method.pdf
- Malaria Ontology*. (20 de agosto de 2015). Recuperado el 27 de septiembre de 2015, de <http://bioportal.bioontology.org/ontologies/IDOMAL>
- (Mayo de 2006). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador Vicerrectorado de Investigación y Postgrado. Caracas: FEDUPEL.
- Melic, A., & Ignacio, R. (30 de julio de 2015). *Revista IDE@ - SEA*. Recuperado el 20 de mayo de 2017, de <http://sea-entomologia.org/IDE@/>
- Montaño, M., Meza, A., & Días, L. (2012). La colección entomológica CEBUC y su potencial como colección de referencia de insectos acuáticos. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 16(2), 173-184. Recuperado el 13 de junio de 2015, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682012000200015#n0
- Naciones Unidas. Convenio sobre la Diversidad Biológica*. (22 de mayo de 2015). Recuperado el 13 de junio de 2015, de <http://www.un.org/es/events/biodiversityday/convention.shtml>
- Nielsen, J. (01 de enero de 1995). *10 Usability Heuristics for User Interface Design*. Recuperado el 05 de febrero de 2018, de <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- Noy, N., & McGuinness, D. (2001). *Ontology development 101: A Guide to creating your first ontology*. Stanford University. Stanford Knowledge Systems Laboratory. Reporte Técnico KSL-01-05, Stanford University, Stanford Knowledge System Laboratory. Recuperado el 2 de abril de 2015, de http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf
- Obrst, L., Werner, C., Mani, I., Ray, S., & Smith, B. (2007). The evaluation of ontologies: Toward Improved Semantic Interoperability. *Semantic Web: Revolutionizing Knowledge Discovery in the Life Sciences* (págs. 139-158). New York: Springer Verlag. Recuperado el 08 de mayo de 2017, de <https://philpapers.org/archive/OBRTEO-6.pdf>
- Ontology Enginner ingGorup*. (2015). Recuperado el 10 de mayo de 2017, de <http://mayor2.dia.fi.upm.es/oeg-upm/index.php/es/researchareas/2-ontologicalengineering/>
- Palacino, F. (2011). *Taxonomía y filogenia del género Erythenis Hagen (Odonata: Libellulidae)*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Pino, R., & Bernal, J. (2009). Diversidad, distribución de la comunidad de insectos. *Revista Gestión y Ambiente*, 12(3), 73-84. Recuperado el 13 de junio de 2015, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/27473/1/25322-89220-1-PB.pdf>
- Porzel, R., & Malaka, R. (2004). *A Task-based Approach for Ontology Evaluation*. Recuperado el 08 de mayo de 2017, de

- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.93.6109&rep=rep1&type=pdf>
- Protégé. (s.f.). *Protégé*. Recuperado el 24 de marzo de 2016, de <http://protege.stanford.edu/>
- Ramírez, A. (diciembre de 2010). Odonata. *Revista Biología Tropical*, 58(4), 97-136.
- Ramos, E., Fernández, V., Cressa, C., & Núñez, H. (2013). Insectos acuáticos como indicadores de la calidad del agua: una representación semántica basada en ontologías. *Acta biológica Venezolana*, 33 (1-2), 93-110.
- Ramos, E., & Núñez, H. (julio de 2007). *ONTOLOGÍAS: componentes, metodologías, lenguajes, herramientas y aplicaciones*. Lecturas en Ciencias de la Computación, Caracas.
- Ramos, E., Núñez, H., & Casañas, R. (2009). Esquema para evaluar ontologías únicas para un dominio de conocimiento. *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 6(1), 57-71. Recuperado el 12 de julio de 2015, de <http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/enlace/article/view/13477>
- RDF, Grupo de Trabajo. (25 de febrero de 2014). *W3C Semantic Web*. Recuperado el 13 de mayo de 2017, de <https://www.w3.org/RDF/>
- Rega, L. L. (s.f.). *Guía concisa para la elaboración de artículos científicos*. Recuperado el 18 de 02 de 2017, de http://bibliotecas.usal.edu.ar/archivos/bibliotecas/docs/guia_papers.pdf
- Schorr, M., & Paulson, D. (18 de mayo de 2017). *World Odonata List*. Recuperado el 20 de mayo de 2017, de <https://www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/world-odonata-list2/>
- SemTalk*. (s.f.). Recuperado el 13 de mayo de 2017, de <http://www.semtation.de/index.php/es/use-cases-es/owl>
- Senn, J. (1997). *Análisis y Diseño de Sistemas de Información*. Mexico: Mc Graw-Hill.
- Senso, J., Mederos, A., & Velasco, S. (septiembre de 2011). Modelo para la evaluación de ontologías. Aplicación en Onto-Satcol. *Revista Española de Documentación Científica*(34), 334-356. doi:10.3989/redc.2011.3.788
- Smith, B., Ashburner, M., & Rosse, C. (2007). *The Open Biological and Biomedical Ontologies*. Recuperado el 27 de julio de 2015, de <http://www.obofoundry.org/>
- Soto, J. (2011). Repositorios Semánticos de Objetos de Aprendizaje. Raleigh. Recuperado el 24 de marzo de 2016, de <https://books.google.co.ve/books?id=QBxAWAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=isbn:1470950332&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjK1aPs4trLAhXKXh4KHWRHAWQQ6AEIGzAA#v=onepage&q&f=false>

- Soul, O. (24 de julio de 2011). *Wikimedia Commons*. Recuperado el 20 de mayo de 2017, de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unidentified_Zygoptera_\(Mindanao,_Philippines\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unidentified_Zygoptera_(Mindanao,_Philippines).jpg)
- Tartir, S., & Budak, A. (2007). *Ontological Evaluation and validation*. Recuperado el 08 de mayo de 2017, de <http://code.google.com/p/tartir-ontoqa/downloads/detail?name=OntoQA-2007-ICSC.pdf&can=2&q=>
- The National Center for Biomedical Ontology*. (s.f.). Recuperado el 27 de septiembre de 2015, de <http://www.bioontology.org/>
- The Plant Ontology*. (2011). Recuperado el 27 de septiembre de 2015, de <http://www.plantontology.org/>
- Unified Medical Language System - UMLS*. (s.f.). Recuperado el 27 de septiembre de 2015, de www.nlm.nih.gov
- W3C. (10 de febrero de 2004). *Lenguaje de Ontologías Web (OWL)*. Recuperado el 24 de 03 de 2016, de <https://www.w3.org/2007/09/OWL-Overview-es.html#s1.2>
- Yao, H., Marck, A., Orme, M., & Etzkom, L. (2005). Cohesion Metrics for Ontology Design. *Journal of Computer Science*, 1 (1), 107-113.