

**Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ciencias
Escuela de Computación**

Lecturas en Ciencias de la Computación
ISSN 1316-6239

**Aplicación de METHONTOLOGY para la
Construcción de una Ontología en el Dominio de la
Microbiología. Caso de Estudio: Identificación de
Bacilos Gram Negativos no Fermentadores de la
Glucosa (BGNNF)**

I. Flores Vitelli

RT 2011-03

Centro de Ingeniería de software y Sistemas de la UCV
ISYS-UCV
Caracas, Diciembre 2011.

Aplicación de METHONTOLOGY para la Construcción de una Ontología en el Domino de la Microbiología. Caso de Estudio: Identificación de Bacilos Gram Negativos no Fermentadores de la Glucosa (BGNNF)

Iván Flores Vitelli

*Laboratorio de Inteligencia Artificial, Centro ISYS, Escuela de Computación, Facultad de Ciencia
Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela*

ivan.flores@ciens.ucv.ve

RESUMEN

Durante la última década, las Ontologías han ocupando un lugar importante en la Ingeniería del Conocimiento, ya que éstas pueden ser utilizadas para organizar el conocimiento en dominios específicos. Para construir las Ontologías es necesario seguir alguna metodología de desarrollo, como si se tratara de cualquier producto de software. La Ingeniería Ontológica ha propuesto varias metodologías, entre las cuales se encuentra METHONTOLOGY; la cual se describe en detalle y se explica cómo fue aplicada al domino de la microbiología, específicamente para conceptualizar el conocimiento relativo a la Identificación de Bacilos Gram Negativos no Fermentadores de la Glucosa.

Palabras Claves: Ontología, Metodología de Desarrollo, Methontology, Bacilo Gram Negativo no Fermentador de la Glucosa, BGNNF.

1 INTRODUCCIÓN

Durante la última década, las Ontologías están ocupando un lugar importante en la Ingeniería del Conocimiento. Muchas soluciones, en distintas áreas, aprovechan las bondades que éstas brindan para organizar el conocimiento en dominios específicos, y luego utilizarlas para ayudar a resolver problemas en dichos dominios.

La Ingeniería Ontológica se refiere al conjunto de actividades concernientes al proceso de desarrollo de las Ontologías, su ciclo de vida, métodos y metodologías para construir las, y las herramientas y lenguajes que la soportan. En particular, el grupo de Ingeniería Ontológica de la Universidad Politécnica de Madrid propusieron una Metodología denominada METHONTOLOGY [1]. Dicha metodología sigue un conjunto de tareas que permiten conceptualizar una Ontología de manera sencilla y rigurosa, lo que facilita su implementación en herramientas destinadas para tal fin.

En este reporte se expone cómo se utilizó METHONTOLOGY para construir una Ontología en el dominio de la Microbiología, particularmente en la Identificación de Báculos Gram Negativos no Fermentadores de la Glucosa (BGNNF). El reporte se divide en tres partes. La primera, consiste en una explicación breve de qué es una Ontología y sus características. La segunda, explica en detalle las actividades en el proceso de desarrollo de una Ontología y de manera particular en el caso de METHONTOLOGY. La última, se refiere a cómo se implementó dicha Ontología.

2 ONTOLOGÍAS

El término ontología tiene su origen en la filosofía, disciplina que trata de dar una explicación sistemática de la existencia; proviene de la conjunción de los términos griegos “ontos” y “logos” que significan existencia y estudio, respectivamente. Fue definido originalmente por Aristóteles en su empeño de clasificar todo lo existente en el universo. De manera más específica, las Ontologías son el estudio de las categorías de las cosas que existen o podrían existir en cierto dominio [2]. En la última década, este término ha ganado relevancia entre los Ingenieros de Conocimiento tomando una interpretación particular; y es por ello que, en 1995, Guariano y Giaretta proponen utilizar la palabra “Ontología” (con O mayúscula) para referirse a ella en el contexto de la Ingeniería del Conocimiento [3].

Es común que cada comunidad que desarrolla Ontologías adopte una definición propia dependiendo de sus necesidades. Entre las tantas definiciones que se pueden encontrar, la más aceptada es la propuesta por Gruber en 1993: “una Ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida” [4]. Los términos utilizados en esta definición se basan principalmente en lo siguiente:

- Conceptualización: Modelo abstracto de un fenómeno, que puede ser visto como un conjunto de reglas informales que restringen su estructura. Por lo general se expresa como un conjunto de conceptos (entidades, atributos, procesos), sus definiciones e interrelaciones [5].
- Formal: Organización teórica de términos y relaciones usados como herramienta para el análisis de los conceptos de un dominio.
- Compartida: Se refiere a la captura del conocimiento consensual que es aceptado por una comunidad.
- Explícita: Concierne a la especificación de los conceptos y a las restricciones sobre éstos.

En el 2001, Hendler propone la siguiente definición: “una Ontología es un conjunto de términos de conocimiento, que incluye un vocabulario, relaciones y un conjunto de reglas lógicas y de inferencia sobre un dominio en particular” [6]. La importancia de la definición de Handler son las relaciones y el conjunto de reglas, expresando que las Ontologías describen el significado de las relaciones entre conceptos y permiten de alguna manera formas de razonamiento.

2.1 ¿POR QUÉ UTILIZAR ONTOLOGÍAS?

Las Ontologías exhiben características especiales para la representación del conocimiento y el procesamiento de éste en sistemas inteligentes. Según Chandrasekaran [7], Gruber [8], Guarino [9], McGuinness [10], y Schreiber [11] destacan las siguientes:

- Las Ontologías proveen un vocabulario común y sin ambigüedades para referirse a los términos en el área aplicada, pudiéndose compartir o reutilizar éstos entre diferentes aplicaciones que hagan uso de la Ontología.
- Además de un vocabulario común, especifican una taxonomía o herencia de conceptos que establecen una categorización o clasificación de las entidades del dominio. Una buena taxonomía es simple y fácil de recordar, separa sus entidades de forma mutuamente excluyente, y define grupos y subgrupos sin ambigüedad.
- El vocabulario y la taxonomía representan un marco de trabajo conceptual para el análisis, discusión o consulta de información de un dominio.
- Una Ontología incluye una completa generalización/especificación de sus clases y subclases, las cuales están formalmente especificadas (incluyendo sus relaciones e instancias) asegurando la consistencia en los procesos deductivos.
- Las Ontologías son implementadas en un lenguaje específico de representación Ontológica (*ontology representation languages*) de manera que la especificación de sus clases, relaciones entre éstas y sus restricciones dependerán de las características de dicho lenguaje.

2.2 METODOLOGÍAS DE DESARROLLO

Las metodologías de desarrollo Ontológico comprenden un conjunto establecido de principios, procesos, prácticas, métodos y actividades usados para el diseño, construcción, evaluación y puesta en producción de las mismas [12]. Dichas metodologías, incluyen métodos para la unificación, reingeniería, mantenimiento y evolución de las Ontologías.

En el 2007, Ramos y Núñez mencionan las actividades que en general se llevan a cabo durante el proceso de desarrollo de las Ontologías [13]. Estas actividades son las propuestas por la IEEE al proceso de desarrollo de software, adaptadas al proceso de desarrollo de ontologías como sigue:

• Actividades de Administración de Proyecto:

<i>Actividad</i>	<i>Objetivo</i>
Planificación	Identificar las tareas a realizar y los recursos disponibles, tales como, software, hardware, humanos, etc.
Control	Especificar los mecanismos para garantizar que las tareas se realicen según lo planificado.
Calidad	Especificar los estándares de calidad que deberán cumplir las tareas realizadas.

• Actividades de Desarrollo:

<i>Actividad</i>	<i>Objetivo</i>
Especificación	Realizar un documento que contenga información referente a: usuarios finales de la ontología, propósito, alcance, metas y grado de formalidad.
Conceptualización	Construir un modelo conceptual que describa el problema y

	su posible solución.
Formalización	Transformar el modelo conceptual en un modelo “semi-computable”, utilizando representaciones lógicas, grafos conceptuales, esquemas, etc.
Integración	Integrar ontologías existentes para garantizar la reutilización del conocimiento.
Implantación	Codificar la ontología en un lenguaje formal.
Mantenimiento	Actualizar la ontología cuando sea necesario.

• **Actividades de Integración:**

<i>Actividad</i>	<i>Objetivo</i>
Adquisición de conocimiento	Adquirir conocimiento mediante la aplicación de técnicas apropiadas.
Evaluación	Evaluar la Ontología.
Documentación	Documentar apropiadamente la ontología, para garantizar el éxito al ser compartida y reutilizada.

Al desarrollar ontologías es importante considerar lo siguiente [14]:

- No existe una manera única y correcta de modelar un dominio.
- El desarrollo ontológico es un proceso iterativo.
- Los conceptos de la ontología deberán reflejar lo más fielmente posible a los objetos y relaciones del dominio.

Son muchas las metodologías para desarrollar ontologías que se han propuesto, destacan entre otras, la de Uschold y King [15], la de Grüninger y Fox [16], Methontology [1] y On-To-Knowledge [17], entre las más conocidas. A continuación se explica Methontology una de las metodologías comúnmente usada.

2.2.1 METHONTOLOGY

Esta metodología fue desarrollada por el grupo de Ingeniería Ontológica de la Universidad Politécnica de Madrid. Methontology permite la construcción de ontologías a nivel de conocimiento. Esta metodología incluye: La identificación del proceso de desarrollo, un ciclo de vida basado en la evolución de prototipos, y técnicas particulares para apoyar las actividades [1].

Por cada prototipo, Methontology propone empezar con las actividades de planificación para identificar las tareas a realizar, correcciones, tiempo y recursos necesarios. Luego, las actividades de especificación, administración (control y aseguramiento de la calidad) y de soporte (adquisición de conocimiento, integración, evaluación, documentación, y manejo de configuración) comienzan al mismo tiempo. Todas las actividades de administración y soporte son realizadas en paralelo junto con las actividades de desarrollo (especificación, conceptualización, formalización, implementación y mantenimiento) durante todo el ciclo de vida de la Ontología.

Una vez especificado el primer prototipo, el modelo conceptual es construido apoyado fundamentalmente por la actividad de adquisición de conocimiento. Al finalizar la conceptualización, las actividades de formalización e implementación pueden ser alcanzadas. Si algún detalle es detectado en algunas de estas actividades, se puede regresar a las actividades

anteriores para realizar las modificaciones o refinamientos. En la Figura 1 se puede observar el ciclo de vida de Methontology.

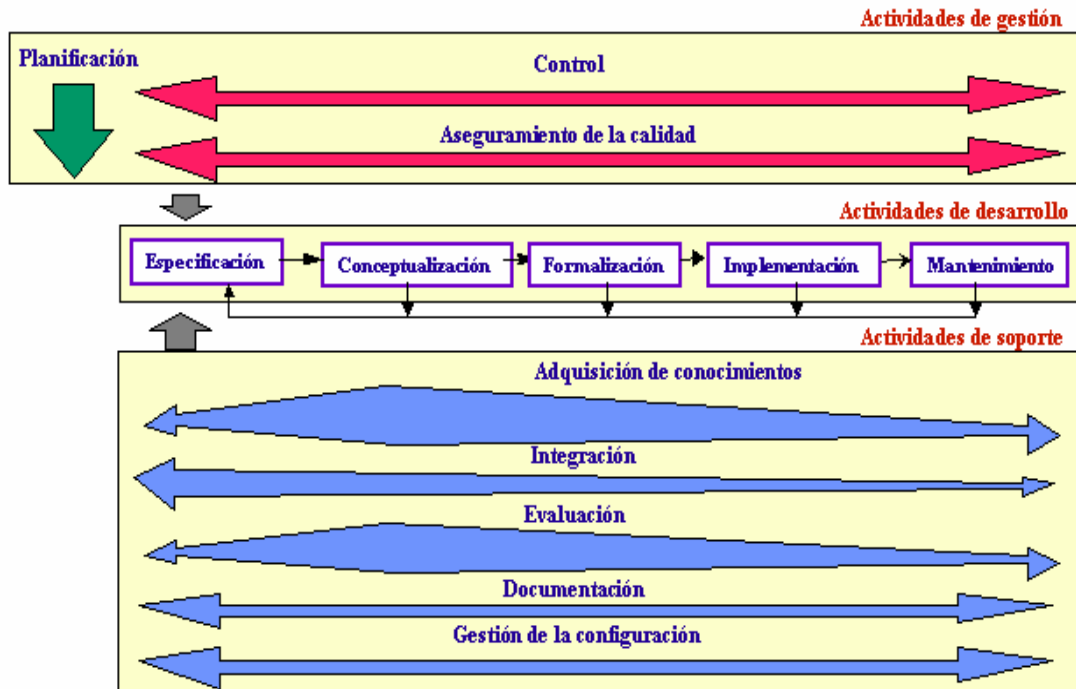


Figura 1. Ciclo de Vida de Methontology

Especificación en Methontology

Esta consiste en construir un documento de especificación que incluya el dominio al que se refiere la Ontología, fecha en que comienza el desarrollo, quienes son los desarrolladores, cuál es el propósito, qué nivel de formalidad alcanzará la Ontología, su alcance especificando las preguntas de competencia y cuáles serán las fuentes de conocimiento.

Conceptualización en Methontology

La actividad de conceptualización merece una especial atención, ya que determina el resto de la creación de la Ontología. Consiste en organizar y convertir una percepción informal de un dominio en una especificación semi-formal usando un conjunto de representaciones intermedias (tablas, diagramas) que puedan ser comprendidas por los expertos del dominio y los desarrolladores de ontologías. En la Figura 2 se muestran los componentes de la Ontología (conceptos, atributos, relaciones, constantes, axiomas formales, reglas e instancias) construidos en cada tarea, y se ilustra el orden propuesto para crear tales componentes durante la actividad de conceptualización.

Las tareas de conceptualización en Methontology se describen a continuación:

Tarea 1: Construir el glosario de términos. El glosario de términos debe incluir todos los términos relevantes del dominio (conceptos, instancias, atributos, relaciones entre conceptos, etc.), sus descripciones en lenguaje natural, sus sinónimos y acrónimos. Es importante mencionar, que al empezar pueden existir varios términos que se refieren al mismo concepto los cuales deben ser identificados y colocados como sinónimos.

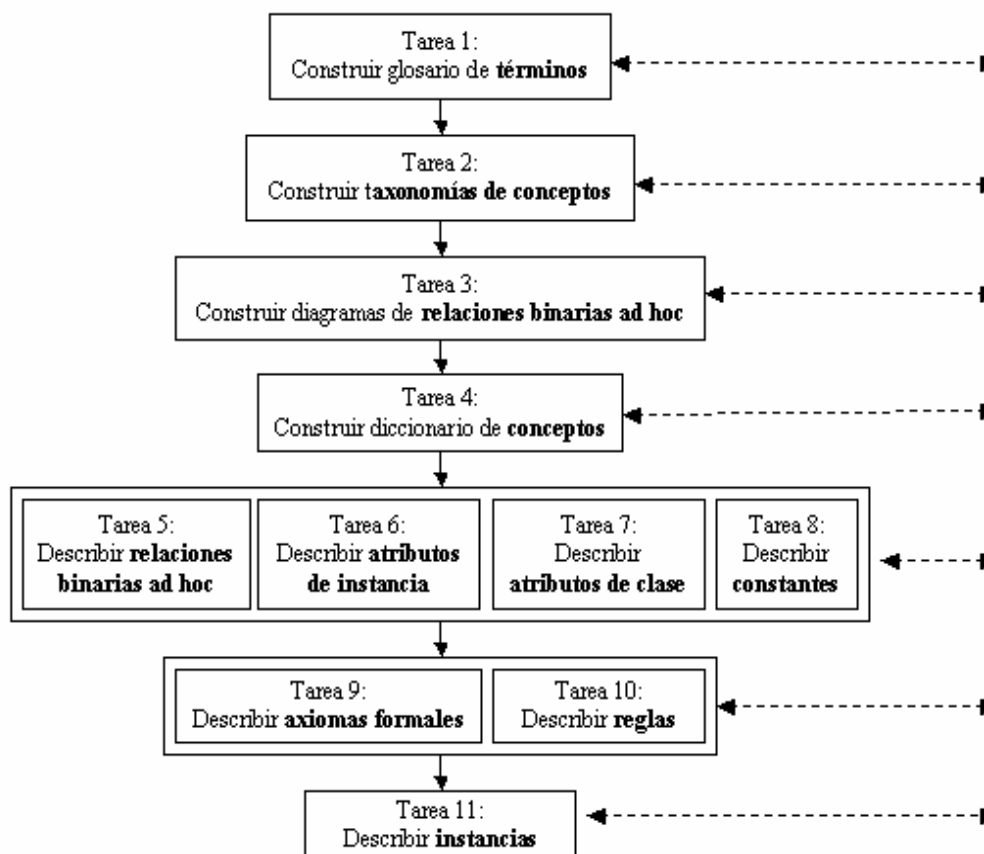


Figura 2. Tareas de Conceptualización de Methontology

Tarea 2: Construir la taxonomía de conceptos. Cuando el glosario de términos tenga una cantidad importante de elementos, se construye una taxonomía que defina la jerarquía entre conceptos. Para realizar dicha taxonomía, se debe seleccionar los términos clasificados como conceptos en el glosario de términos y construir la jerarquía con base en las siguientes cuatro relaciones taxonómicas :

- 1) *Subclase de:* Un concepto C1 es subclase de otro concepto C2 si y solo si toda instancia de C1 es también instancia de C2.
- 2) *Descomposición Disjunta:* Una descomposición disjunta de un concepto C es un subconjunto de subclases de C que no tienen instancias y no cubre C, es decir, que pueden haber instancias de un concepto C y no son instancias de cualquier de los otros conceptos de la descomposición.
- 3) *Descomposición Exhaustiva:* Una descomposición Exhaustiva de un concepto C es un conjunto de subclases de C que cubren C y puede tener instancias y subclases comunes, es decir, no puede haber instancias del concepto C que no son instancias de al menos uno de los conceptos de la descomposición.
- 4) *Partición:* Una partición de un concepto C es un conjunto de subclases de C que no comparte los casos comunes, pero que cubre C, es decir, no hay casos de C que no son instancias de uno de los conceptos de la partición.

Al finalizar se debe evaluar que la taxonomía creada no contenga errores, tales como herencias cíclicas, errores de partición, errores semánticos, clasificación de conceptos incompleta, etc.

Tarea 3: Construir un diagrama de relaciones binarias. El objetivo de este diagrama es establecer las relaciones entre los conceptos de una o más taxonomías de conceptos. Se debe evaluar que el diagrama creado no contenga errores.

Tarea 4: Construir el diccionario de conceptos. El diccionario de conceptos contiene los conceptos del dominio, sus relaciones, instancias, atributos de clases y atributos de instancias. Las relaciones, atributos de instancias, y atributos de clases son locales al concepto, lo que significa que sus nombres pueden repetirse en diferentes conceptos.

Tarea 5: Describir las relaciones binarias en detalle. Se crea la tabla de relaciones binarias en la que se describe detalladamente todas las relaciones binarias incluidas en el diccionario de conceptos. Para cada relación binaria se debe especificar: nombre, conceptos fuente y destino, cardinalidad y relación inversa.

Tarea 6: Describir los atributos de instancia en detalle. Se crea la tabla de atributos de instancias en la que se describe detalladamente todos los atributos de instancias incluidos en el diccionario de conceptos. Los atributos de instancias son aquellos atributos que describen las instancias de un concepto, y sus valores pueden ser diferentes para cada instancia del concepto. Para cada atributo de instancia, se debe especificar: nombre, concepto al que pertenece, tipo de valor, rango de valores (en el caso de valores numéricos) y cardinalidad.

Tarea 7: Describir los atributos de clases en detalle. Se crea la tabla de atributos de clases en la que se describe detalladamente todos los atributos de clases incluidos en el diccionario de conceptos. Para cada atributo de clase, se debe especificar: nombre, concepto donde es definido, tipo de valor, valor y cardinalidad.

Tarea 8: Describir las constantes en detalle. Se crea la tabla de constantes en la que se describe detalladamente cada una de las constantes definidas en el glosario de términos. Para cada constante, se debe especificar: nombre, tipo de valor, valor y unidad de medida (para constantes numéricas).

Tarea 9: Describir los axiomas formales. Se deben identificar los axiomas formales necesarios en la ontología y describirlos con precisión en una tabla. Para cada definición de axioma formal de debe especificar: nombre, descripción, expresión lógica que formalmente lo describe (preferiblemente utilizando lógica de primer grado), los conceptos, atributos y relaciones binarias a las cuales el axioma hace referencia y las variables utilizadas.

Tarea 10: Definir las reglas. Se deben identificar cuáles reglas son necesarias en la Ontología y describirlas en una tabla de reglas. Para cada regla, se debe especificar: nombre, descripción, expresión que formalmente la describe, los conceptos, los atributos y las relaciones a los que hace referencia y las variables usadas en la expresión. Para la especificación de las reglas se sugiere la forma: Si <condiciones> entonces <consecuencias o acciones>.

Tarea 11: Describir las instancias. Una vez que el modelo conceptual de la Ontología ha sido creado, se deben definir las instancias relevantes que aparecen en el diccionario de conceptos en una tabla de instancias. Para cada instancia se debe especificar: nombre, concepto al que pertenece y valores de los atributos.

Formalización e Implementación en Methontology

La formalización en Methontology no es una actividad obligatoria, ambas pueden ser alcanzada utilizando herramientas de traducción de lenguajes Ontológicos.

3 APLICACIÓN DE METHONTOLOGY A UN CASO DE ESTUDIO

La identificación de microorganismos es relevante en el campo de la microbiología básica y su aplicación en agricultura, biotecnología, salud humana, cría de animales, industria farmacéutica y de alimentos. Uno de los campos de mayor importancia es la microbiología clínica y diagnóstica, la cual se ocupa de la identificación de los microorganismos causantes de enfermedades. Dentro de este grupo, se encuentran los microorganismos causantes de infecciones denominadas nosocomiales, infecciones adquiridas por la permanencia de pacientes en ambientes hospitalarios [18]. Este grupo de microorganismos está conformado por varios géneros y entre ellos están los Bacilos Gram Negativos No Fermentadores de la Glucosa (BGNNF). Este es un grupo de microorganismos que están implicados cada vez más y con mayor frecuencia en este tipo de infecciones, y constituyen aproximadamente del 12 al 16% del total de aislamientos obtenidos en laboratorios de Microbiología Clínica. Su proporción se incrementa día a día, lo cual nos permite situarlos como agentes importantes en cuadros clínicos de naturaleza infecciosa [19].

Un método para proceder a su identificación, es realizar un cultivo en medios apropiados que contienen todos los nutrientes y sustancias que son necesarias para su crecimiento y multiplicación, lo cual facilita el estudio de las características y propiedades que permiten diferenciarlos. Entre éstas se pueden determinar: tamaño y forma, motilidad, pruebas bioquímicas, crecimiento a diferentes temperaturas determinadas, resistencia a antibióticos, hemólisis en agar sangre, crecimiento en medios de alta concentración salina, crecimiento en medios diferenciales, entre otros.

Para la identificación de este grupo particular generalmente se aplica el siguiente procedimiento:

- 1) *Aislamiento del microorganismo*: A partir de una muestra clínica o de otro origen se procede a obtener un cultivo puro, realizando un aislamiento en un medio de cultivo adecuado para el crecimiento del microorganismo a investigar [20].
- 2) *Repique a medio Kligler* : Permite determinar si el microorganismo es no fermentador de la glucosa
- 3) *Coloración de Gram*: permite establecer que el microorganismo es Gram negativo.
- 4) *Repique a medio OF*: permite observar la utilización, por la vía oxidativa, de diferentes carbohidratos (Lactosa, Maltosa, Xylosa, Manitol, etc.)
- 5) *Prueba de crecimiento a 42°C*: permite observar el crecimiento a temperatura de 42° centígrados a diferencia de la temperatura normal de crecimiento que es 30° a 37° centígrados.
- 6) *Aplicar batería de pruebas complementarias*: son pruebas adicionales que permiten hacer la diferenciación entre los géneros a identificar.

El conjunto de pruebas utilizadas para identificar este tipo de bacterias sólo describe resultados interpretados como positivos (+) ó negativos (-), excepto para las pruebas morfológicas, ya que éstas describen resultados donde la morfología se puede interpretar como bastones, cocobacilos o coccoides.

Para lograr la identificación es necesario analizar y comparar los resultados del conjunto de pruebas realizadas, con una serie de tablas contentivas de resultados publicados por los investigadores que han estudiado este tipo de microorganismos. Estas tablas generalmente expresan el porcentaje de reacción positiva (+) que muestra un BGNNF a una prueba determinada. El mayor número de pruebas coincidentes con los resultados indicados en las tablas, sugiere el género a identificar.

3.1 PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL DOMINO

En general, los laboratorios de Microbiología Clínica están ubicados en instituciones con un alto número de procesamiento de muestras; en consecuencia, no disponen del tiempo y, a veces, del personal necesario para realizar este tipo de identificaciones en forma exhaustiva, por lo cual es

necesario utilizar sistemas automatizados de identificación de alto costo existentes en el mercado. Muchos de estos sistemas no están diseñados para el estudio de microorganismos BGNNF presentes en forma habitual en el medio ambiente, y que deben ser estudiados por estar implicados en otros campos de la Microbiología (Industrial, Ambiental e Investigación), por lo cual no son útiles para los profesionales no dedicados al campo de la Microbiología Clínica.

Existen muchos factores a tomar en cuenta en la identificación de géneros de BGNNF: La cantidad de ensayos bioquímicos a realizar, análisis de resultados complejos y a veces ambiguos, no existen protocolos fáciles para la identificación de estos microorganismos, los datos se encuentran en diferentes tablas y no todos están determinados, no existen muchos expertos que dominen este tipo de identificaciones, cada prueba tarda por lo menos 24 horas para tener una lectura confiable, hay BGNNF que tienen mucha semejanza entre sí en cuanto a resultados de pruebas bioquímicas y la diferenciación se hace dudosa. Todos estos factores, trae como consecuencia que la identificación de BGNNF sea muy laboriosa.

Por otra parte, el conocimiento de este dominio debe estar en constante consulta debido a los estudios e investigaciones en esta área, pero su acceso no es fácil por encontrarse disperso entre muchos centros de investigación y publicaciones especializadas; lo cual sugiere la necesidad de conceptualizar y representar formalmente el conocimiento sobre BGNNF y ponerlo a disposición de los interesados en el tema, así como la posibilidad de permitir las modificaciones sobre éste según los avances en el área, para una mayor comprensión del dominio a la hora de realizar una identificación o investigación.

3.2 APLICACIÓN DE METHONTOLOGY

Analizando el uso de las Ontologías, se observa que han tomado fuerza como herramienta para formalizar, conceptualizar y compartir el conocimiento en dominios complejos, por lo que se propone desarrollar una Ontología referente a la Identificación de BGNNF. Para ilustrar el proceso de construcción de dicha Ontología, se describen cada una de las actividades realizadas y cómo se generaron todos los artefactos que nos ayudan a implementar dicha Ontología.

Especificación

Para la especificación de la Ontología se crea una plantilla con el nombre Documento de Especificación de Requerimientos. En esta plantilla se coloca el dominio al que se refiere la Ontología, fecha en que comienza el desarrollo, quiénes son los desarrolladores, cuál es el propósito, qué nivel de formalidad alcanzará la Ontología, su alcance especificando las preguntas de competencia y cuáles serán las fuentes de conocimiento. En el Tabla 1 se muestra dicha plantilla para esta Ontología.

Documento de Especificación de Requerimientos	
<i>Dominio</i>	Microbiología
<i>Fecha</i>	27/06/10
<i>Desarrollador(es)</i>	Iván J. Flores Vitelli
<i>Propósito</i>	Construir una Ontología sobre la Identificación de Bacilos Gram Negativos No Fermentadores de la Glucosa (BGNNF) para ayudar en el proceso de identificación de dichos microorganismos.
<i>Nivel de Formalidad</i>	Formal

Tabla 1. Especificación de Requerimientos

Documento de Especificación de Requerimientos	
<i>Alcance</i>	Preguntas de competencia: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué BGNNF tienen resultados $\geq a$ z% de una prueba y? • ¿Qué BGNNF tiene resultado $\leq a$ z% de una prueba y? • ¿Cuáles son los Microorganismos BGNNF? • ¿Cuáles BGNNF son móviles? • ¿Cuáles BGNNF son no móviles? • ¿Cuáles BGNNF tienen forma cocoide? • ¿Cómo se realiza una prueba y? • ¿Cuál es la abreviatura de una prueba y? • ¿Qué pruebas son relevantes para identificar un BGNNF x en particular? • ¿Cuáles son pruebas primarias? • ¿Dado los resultados de un determinado número de pruebas, qué BGNNF x podrían ser?
<i>Fuentes de Conocimiento</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Expertos del Centro Venezolano de Colecciones de Microorganismo (CVCM). 2. Murray y colaboradores, 2003., Manual of Clinical Microbiology, ASM Press, 8a. Edición.

Tabla 1. Especificación de Requerimientos (continuación).

Conceptualización

Esta actividad es de especial cuidado, en ella se define lo fundamental para formalizar e implementar la Ontología. METHONTOLOGY indica una serie de tareas a realizar para completar esta actividad. A continuación se describe como se realizó cada una de las tareas:

Tarea 1: Glosario de Términos. Esta tarea se llevó a cabo en el Centro Venezolano de Colecciones de Microorganismos, donde se elaboró un glosario especificando Nombre del término, Términos Sinónimos, Acrónimos, Descripción o Significado del Término y qué representa dentro de la ontología (concepto, atributo, relación, constante o instancia). En la Tabla 2 se puede ver un extracto del glosario

Nombre	Sinónimos	Acrónimos	Descripción	Tipo
Bacilo			Tipo de bacteria en forma de bastoncillo.	Concepto
Coco			Tipo de bacteria con forma casi esférica que pueden existir en forma individual o en agrupaciones características.	Concepto
Bacilo Gran Negativo No Fermentador		BGNNF	Bacilos que cultivados en medios que contengan Glucosa, no son capaces de fermentarla y el resultado al aplicar la técnica de la prueba de Gram presenta una coloración rosa o roja (Gram Negativa).	Concepto
Bacteria			Microorganismo de estructura sencilla, de tamaño y formas características cuya pared celular contiene peptidoglucano y sus componentes citoplasmáticos no están	Concepto

Nombre	Sinónimos	Acrónimos	Descripción	Tipo
			rodeados por una membrana.	
Género			Nombre aplicado a un grupo de organismos relacionados.	Atributo de Clase
Especie			Nombre aplicado a cada tipo de organismo diferente dentro de un género.	Atributo de Clase
Prueba			Procedimiento que se aplica experimentalmente para definir características de un microorganismo.	Concepto
Protocolo			Plan escrito y detallado de un experimento científico, un ensayo clínico o una actuación médica.	Atributo de Clase
Resultado			Efecto de aplicar una prueba .	Atributo de Clase
Prueba de Siembra en medio de Kliger	H ₂ S	KLGR, H ₂ S	Prueba cuyo medio de cultivo que tiene en su composición glucosa y lactosa, y permite poner de manifiesto la fermentación de estos azúcares por el cambio de color del indicador de pH que contiene (rojo de fenol), el contiene además, una sal de hierro que permite poner de manifiesto la producción de H ₂ S (Color Negro).	Instancia

Tabla 2. Glosario de Términos

Para las tareas 2,3,4,5,6,7 en la actividad de conceptualización, se implementó un prototipo elaborado en *Ruby on Rails* que facilitó a los expertos y desarrolladores la definición de conceptos, atributos de cada clase y relaciones entre clases. Dicho prototipo agilizó la generación y modificación de los artefactos correspondientes en cada tarea y al refinamiento. A continuación se muestra los artefactos generados por el prototipo correspondiente a cada tarea:

Tarea 2: Construir una Taxonomía de Conceptos. Se construye una taxonomía que defina la jerarquía entre conceptos. En primer lugar, se definieron los conceptos en el prototipo como se muestra en la Figura 3. Luego de cargado los conceptos, se definió la taxonomía indicando cuál clase es padre y cuál es hija, como indica la Figura 4. Para finalizar la aplicación construyó el diagrama que representa la taxonomía según la definición hecha anteriormente. El resultado de este proceso se puede observar en la Figura 5.














































Ontologias	Listing clases		
Glosarios	Nombre	Ontologia	
Clases	BACILO	BGNNF	  
Taxonomias	BACTERIA	BGNNF	  
Relaciones	BGNNF	BGNNF	  
Def Relaciones	COCO	BGNNF	  
Atributos	ESPIROQUETA	BGNNF	  
Instancias	HONGO	BGNNF	  
Crear Diagramas	HONGO FILAMENTOSO	BGNNF	  
Ver Taxonomia	IDENTIFICACION_DE_BGNNF	BGNNF	  
Ver Relaciones	IDENTIFICACION_MICROORGANISMOS	BGNNF	  
Dic. Conceptos	LEVADURA	BGNNF	  
Relaciones Binarias	MICROBIOLOGIA	BGNNF	  
Atributos de Instancia	MICROORGANISMO	BGNNF	  
Atributos de Clase	PRUEBA	BGNNF	  
Instancias	VIBRIO	BGNNF	  
Instancias xls	VIRUS	BGNNF	  
Agragar Pruebas			
	New clase		

Figura 3. Definición de los Conceptos





































Ontologias	Listing taxonomias		
Glosarios	Padreid	HijaId	OntologiaId
Clases	BACTERIA	←ESPIROQUETA	BGNNF   
Taxonomias	MICROORGANISMO	←HONGO	BGNNF   
Relaciones	MICROORGANISMO	←BACTERIA	BGNNF   
Def Relaciones	HONGO	←LEVADURA	BGNNF   
Atributos	MICROORGANISMO	←VIRUS	BGNNF   
Instancias	BACTERIA	←COCO	BGNNF   
Crear Diagramas	BACTERIA	←BACILO	BGNNF   
Ver Taxonomia	IDENTIFICACION_MICROORGANISMOS	←IDENTIFICACION_DE_BGNNF	BGNNF   
Ver Relaciones	MICROBIOLOGIA	←IDENTIFICACION_MICROORGANISMOS	BGNNF   
Dic. Conceptos	BACILO	←BGNNF	BGNNF   
Relaciones Binarias	HONGO	←HONGO FILAMENTOSO	BGNNF   
Atributos de Instancia	BACTERIA	←VIBRIO	BGNNF   
Atributos de Clase			
Instancias			
Instancias xls			
Agragar Pruebas			
	New taxonomia		

Figura 4. Definición de la Taxonomía

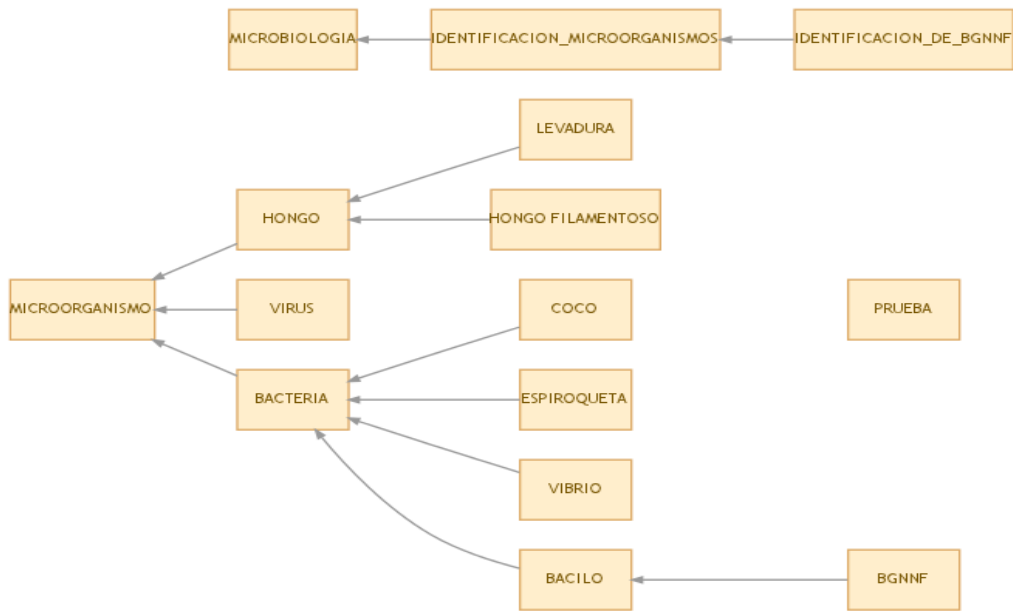


Figura 5. Taxonomía

Tarea 3: Construir un diagrama de relaciones binarias. Establecer las relaciones entre los conceptos. Para establecer dichas relaciones, al igual que la tarea anterior, se definieron las relaciones como muestra la Figura 6.

Ontologías																																																								
Ontologías Glosarios Clases Taxonomías Relaciones Def. Relaciones Atributos Instancias Crear Diagramas Ver Taxonomía Ver Relaciones	Listing relaciones <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Ontologiaid</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>es_un</td> <td>BGNNF</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>es_una</td> <td>BGNNF</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>pertenece_a</td> <td>BGNNF</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>consta_de</td> <td>BGNNF</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>se_practica_a</td> <td>BGNNF</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>se_le_reliza</td> <td>BGNNF</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>es_parte_de</td> <td>BGNNF</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>puede_ser</td> <td>BGNNF</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>se_le_pactican</td> <td>BGNNF</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">New relacion</td> </tr> </tbody> </table>	Nombre	Ontologiaid				es_un	BGNNF				es_una	BGNNF				pertenece_a	BGNNF				consta_de	BGNNF				se_practica_a	BGNNF				se_le_reliza	BGNNF				es_parte_de	BGNNF				puede_ser	BGNNF				se_le_pactican	BGNNF				New relacion				
Nombre	Ontologiaid																																																							
es_un	BGNNF																																																							
es_una	BGNNF																																																							
pertenece_a	BGNNF																																																							
consta_de	BGNNF																																																							
se_practica_a	BGNNF																																																							
se_le_reliza	BGNNF																																																							
es_parte_de	BGNNF																																																							
puede_ser	BGNNF																																																							
se_le_pactican	BGNNF																																																							
New relacion																																																								
Dic. Conceptos Relaciones Binarias Atributos de Instancia Atributos de Clase Instancias Instancias xls Agragar Pruebas																																																								

Figura 6. Definición de Relaciones

Una vez definida las relaciones, se indicó como son las relaciones entre los conceptos (Figura 7).

Ontologías				
Ontologías Glosarios Clases Taxonomías Relaciones Def Relaciones Atributos Instancias Crear Diagramas Ver Taxonomía Ver Relaciones <hr/> Dic. Conceptos Relaciones Binarias Atributos de Instancia Atributos de Clase Instancias Instancias xls <hr/> Agrupar Pruebas	Listing relacionedefs			
	Clase-origen	Relación	Clase-destino	Ontología
	BGNNF	→es_un	→BACILO	BGNNF
	VIRUS	→es_un	→MICROORGANISMO	BGNNF
	BACTERIA	→es_un	→MICROORGANISMO	BGNNF
	HONGO	→es_un	→MICROORGANISMO	BGNNF
	LEVADURA	→es_un	→HONGO	BGNNF
	HONGO FILAMENTOSO	→es_un	→HONGO	BGNNF
	ESPIROQUETA	→es_un	→BACTERIA	BGNNF
	IDENTIFICACION_DE_BGNNF	→es_una	→IDENTIFICACION_MICROORGANISMOS	BGNNF
	VIBRIO	→es_una	→BACTERIA	BGNNF
	BACILO	→es_una	→BACTERIA	BGNNF
	COCO	→es_una	→BACTERIA	BGNNF
	IDENTIFICACION_MICROORGANISMOS	→pertenece_a	→MICROBIOLOGIA	BGNNF
	IDENTIFICACION_DE_BGNNF	→se_practica_a	→BGNNF	BGNNF
BGNNF	→se_le_realiza	→IDENTIFICACION_DE_BGNNF	BGNNF	

Figura 7. Relaciones entre Conceptos

Al finalizar de establecer las relaciones entre conceptos, el prototipo generó el diagrama de relaciones binarias correspondiente, como se muestra en la Figura 8.

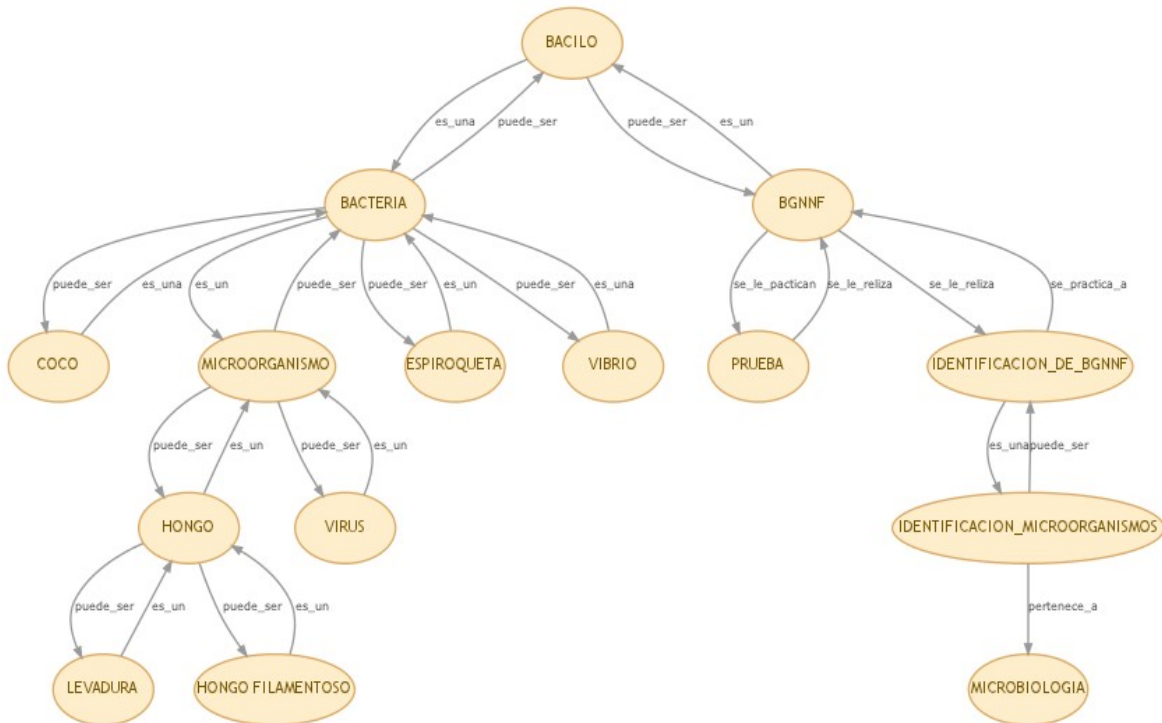


Figura 8. Diagrama de Relaciones Binarias

Tarea 4: Construir el diccionario de conceptos. El diccionario de conceptos contiene los conceptos del dominio, sus relaciones, instancias, atributos de clases y atributos de instancias. Para completar esta tarea fue necesario definir los atributos de cada clase. En la Figura 9 se muestra la especificación de estos atributos en el prototipo. Una vez especificado los atributos se puede ver el diccionario de conceptos generado por el prototipo (Figura 10).

Tarea 5: Describir las relaciones binarias en detalle. Se crea la tabla de relaciones binarias en la que se describen detalladamente todas las relaciones binarias incluidas en el diccionario de conceptos. Esta tabla fue generada por el prototipo, la cual se muestra en la Figura 11.

Tarea 6: Describir atributos de instancia en detalle. Se crea la tabla de atributos de instancias en la que se describen detalladamente todos los atributos de instancias incluidos en el diccionario de conceptos. Dicha tabla también es construida por el prototipo y se muestra en la Figura 12.











































Ontologías							
Ontologías Glosarios Clases Taxonomías Relaciones Def Relaciones Atributos Instancias Crear Diagramas Ver Taxonomía Ver Relaciones Dic. Conceptos Relaciones Binarias Atributos de Instancia Atributos de Clase Instancias Instancias xls Agragar Pruebas	Listing atributos						
	Nombre	Claseid	Ontologiaid	Tipovalor	Cardinalidad	Tipo	
	Forma	BACILO	BGNNF	STRING	1	CLASE	  
	Forma	COCO	BGNNF	STRING	1	CLASE	  
	Complementaria	PRUEBA	BGNNF	LOGICO	1	INSTANCIA	  
	Confirmatoria	PRUEBA	BGNNF	LOGICO	1	INSTANCIA	  
	Descripción	PRUEBA	BGNNF	TEXTO	1	INSTANCIA	  
	Nombre	PRUEBA	BGNNF	STRING	1	INSTANCIA	  
	Primaria	PRUEBA	BGNNF	LOGICO	1	INSTANCIA	  
	Resultado positivo	PRUEBA	BGNNF	TEXTO	1	INSTANCIA	  
	Resultados negativo	PRUEBA	BGNNF	TEXTO	1	INSTANCIA	  
	Siglas	PRUEBA	BGNNF	STRING	1	INSTANCIA	  
	Tipo	PRUEBA	BGNNF	STRING	1	INSTANCIA	  
	Definición	IDENTIFICACION_MICROORGANISMOS	BGNNF	TEXTO	1	CLASE	  
	Protocolo	IDENTIFICACION_MICROORGANISMOS	BGNNF	TEXTO	1	INSTANCIA	  
	Definición	MICROORGANISMO	BGNNF	TEXTO	1	CLASE	  

Figura 9. Definición de Atributos

Nombre del Concepto	Atributos de Clase	Atributos de Instancia	Relaciones
BACILO	Forma		es_un es_una puede_ser
BACTERIA	Definición		es_un es_una puede_ser
BGNNF	Definición	Prueba Resultado de prueba	es_un puede_ser se_le_pacti can se_le_reliz a se_practica _a
COCO	Forma		es_una puede_ser
ESPIROQUETA	Forma		es_un puede_ser
HONGO	Definición		es_un puede_ser
HONGO FILAMENTOSO	Definición		es_un puede_ser
IDENTIFICACION_DE_BGNNF			consta_de es_parte_d e es_una puede_ser se_le_reliz a se_practica _a
IDENTIFICACION_MICROORGANISMOS	Definición	Protocolo	es_una pertenece_ a puede_ser
LEVADURA	Definición		es_un puede_ser
MICROBIOLOGIA	Definición		pertenece_ a
MICROORGANISMO	Definición	Nombre científico	es_un puede_ser
		Complementaria Confirmatoria Descripción Nombre	consta_de es_parte_d e se_le_pacti can se_le_reliz a

Figura 10. Diccionario de Conceptos

Nombre Relación	Concepto Origen	Concepto Destino	Relación Inversa
es_una	BACILO	BACTERIA	puede_ser
es_un	BACTERIA	MICROORGANISMO	puede_ser
es_una	COCO	BACTERIA	puede_ser
es_un	BGNNF	BACILO	puede_ser
pertenece_a	IDENTIFICACION_MICROORGANISMOS	MICROBIOLOGIA	
se_practica_a	IDENTIFICACION_DE_BGNNF	BGNNF	se_le_reliza
es_un	ESPIROQUETA	BACTERIA	puede_ser
es_un	HONGO	MICROORGANISMO	puede_ser
es_un	LEVADURA	HONGO	puede_ser
es_un	VIRUS	MICROORGANISMO	puede_ser
se_le_reliza	BGNNF	IDENTIFICACION_DE_BGNNF	se_practica_a
es_una	IDENTIFICACION_DE_BGNNF	S	puede_ser
es_un	HONGO FILAMENTOSO	HONGO	puede_ser
puede_ser	MICROORGANISMO	BACTERIA	es_un
puede_ser	MICROORGANISMO	HONGO	es_un
puede_ser	MICROORGANISMO	VIRUS	es_un
puede_ser	HONGO	HONGO FILAMENTOSO	es_un
puede_ser	HONGO	LEVADURA	es_un
puede_ser	BACTERIA	BACILO	es_una
puede_ser	BACTERIA	COCO	es_una
puede_ser	BACTERIA	ESPIROQUETA	es_un
puede_ser	BACILO	BGNNF	es_un
puede_ser	IDENTIFICACION_MICROORGANISMOS	IDENTIFICACION_DE_BGNNF	es_una
consta_de	IDENTIFICACION_DE_BGNNF	PRUEBA	es_parte_de
es_parte_de	PRUEBA	IDENTIFICACION_DE_BGNNF	consta_de
se_le_reliza	PRUEBA	BGNNF	se_le_pactican
se_le_pactican	BGNNF	PRUEBA	se_le_reliza

Figura 11. Tabla de Relaciones Binarias

Nombre del Atributo	Concepto	Tipo Valor	Cardinalidad
Prueba	BGNNF	PRUEBA	1-n
Resultado de prueba	BGNNF	ENTERO(0-100)	1-n
Protocolo	IDENTIFICACION_MICROORGANISMOS	TEXTO	1
Nombre científico	MICROORGANISMO	STRING	1
Complementaria	PRUEBA	LOGICO	1
Confirmatoria	PRUEBA	LOGICO	1
Descripción	PRUEBA	TEXTO	1
Nombre	PRUEBA	STRING	1
Primaria	PRUEBA	LOGICO	1
Resultado positivo	PRUEBA	TEXTO	1
Resultados negativo	PRUEBA	TEXTO	1

Figura 12. Descripción de Atributos de Instancia

Tarea 7: Describir atributos de clases en detalle. Se crea la tabla de atributos de clases en la que se describe detalladamente todos los atributos de clases incluidos en el diccionario de conceptos. Esta tabla fue generada automáticamente por el prototipo a partir de la definición de atributos realizada en la Tarea 4. En la Figura 13 se muestra dicha tabla.

Nombre del Atributo	Concepto	Tipo Valor	Cardinalidad
Forma	BACILO	STRING	1
Definición	BACTERIA	TEXTO	1
Definición	BGNNF	TEXTO	1
Forma	COCO	STRING	1
Forma	ESPIROQUETA	STRING	1
Definición	HONGO	TEXTO	1
Definición	HONGO FILAMENTOSO	TEXTO	1
Definición	IDENTIFICACION_MICROORGANISMOS	TEXTO	1
Definición	LEVADURA	TEXTO	1
Definición	MICROBIOLOGIA	TEXTO	1
Definición	MICROORGANISMO	TEXTO	1
Definición	VIRUS	TEXTO	1

Figura 13. Descripción de Atributos de Clase

Tarea 8. Definir en detalle las constantes. Se crea la tabla de constantes en la que se describe detalladamente cada una de las constantes definidas en el glosario de términos. Esta tarea no aplicó para este dominio.

Tarea 9. Definir los axiomas formales. Se deben identificar los axiomas formales necesarios en la ontología y describirlos con precisión en una tabla. Esta tarea no aplicó para este dominio.

Tarea 10. Definir las reglas. Se deben identificar cuáles reglas son necesarias en la ontología y describirlas en una tabla de reglas. Por lo general, las reglas se definen antes de comenzar a definir las instancias, pero en este caso, es necesario definir las instancias primero, ya que las reglas se determinarán aplicando técnicas de aprendizaje automático sobre las instancias de la clase BGNNFs.

Tarea 11: Definir las instancias. En esta tarea se definen las instancias que han sido identificadas para cada clase en la Ontología. Se muestra por medio de una tabla, su nombre, la clase o concepto al cual pertenece, los atributos y los valores de esos atributos. Para ello se construyó un procedimiento que define las instancias utilizando la información almacenada por el prototipo y una tabla realizada junto con los expertos del CVCM de los resultados de estudios sobre los BGNNF. Es importante destacar que la clase BGNNF posee una número considerable de atributos e instancias, por lo que el proceso de buscar y verificar dicha información por cada instancia consumió un tiempo importante en el desarrollo. En la Figura 14 se muestra una instancia de la clase PRUEBA vista en el prototipo.

Instancia	Concepto	Atributo	Valor
PRB_20	PRUEBA		
		Descripción	La observación microscópica después de haber realizado la tinción del Gram, permite diferenciar la forma esférica o no esférica de las bacterias, esférica para cocos y no esféricas para bacilos, cocobacilos y bastones.
		Resultado positivo	
		Resultados negativo	
		Nombre	Morfología Bastoncillos
		Tipo	Morfológica
		Siglas	MRFB
		Primaria	True

Figura 14. Instancia de Prueba

Al finalizar la etapa de conceptualización la ontología cuenta con trece (13) clases, sesenta y cuatro (64) propiedades y ciento cincuenta y cuatro (154) instancias.

Formalización e Implementación

Consistió en codificar el modelo generado en un lenguaje ontológico; para esto se seleccionó la herramienta de edición Protégé, Version 3.4.6, a través de la cual, al definir dicha Ontología, se genera la codificación en el lenguaje Ontológico RDF [21].

A continuación se muestra algunas pantallas de dicho editor con la implementación de dicha Ontología. En la Figura 15 se muestra el navegador para la definición de las clases, taxonomía y atributos de la clase seleccionada; en este caso BGNNF. En la Figura 16 se muestra el navegador para las instancias, específicamente la clase BGNNF y los valores de cada atributo para la instancia de *Acrhomobacter group b*.

File Edit Project Code Window Collaboration Help

Classes Slots Forms Instances Queries

CLASS BROWSER
For Project: bgnnf_v6

Class Hierarchy

- THING
- SYSTEM-CLASS
- MICROBIOLOGIA
 - IDENTIFICACION_DE_MICROORGANISM
 - IDENTIFICACION_DE_BGNNF
 - MICROORGANISMO
 - BACTERIA
 - BACILO
 - BGNNF**
 - COCO
 - ESPIROQUETA
 - VIBRIO
 - HONGO
 - VIRUS
 - PRUEBA

Superclasses

- BACILO

CLASS EDITOR
For Class: BGNNF (instance of :STANDARD-CLASS)

Name: BGNNF

Documentation: Bacilos que cultivados en medios que contengan Glucosa, no son capaces de fermentarla y el resultado al aplicar la técnica de la prueba de Gram presenta una coloración rosa o roja (Gram Neativa).

Constraints

Role: Concreto

Template Slots

Name	Cardinality	Type	Other Facets
nombre_cientifico	single	String	
prueba_ACTM	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_ADH	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_ADO	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_ALM	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_BRWN	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_C25	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_C35	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_C42	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_CAT	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_CSSA	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_CTR	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_CTRM	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_CURE	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_DNA	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_ESC	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_FEN	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_FLUR	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_FRU	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_GEL	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_GELL	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_GLU	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_GNTO	single	Integer	minimum=-1, maximum=100
prueba_H2S	single	Integer	minimum=-1, maximum=100

File Edit Project Code Window Collaboration Help

Classes Slots Forms Instances Queries

CLASS BROWSER
For Project: bgnnf_v6

Class Hierarchy

- THING
- SYSTEM-CLASS
- MICROBIOLOGIA
 - MICROORGANISMO
 - BACTERIA
 - BACILO
 - BGNNF (99)
 - COCO
 - ESPIROQUETA
 - VIBRIO
 - HONGO
 - VIRUS
 - PRUEBA (55)

INSTANCE BROWSER
For Class: BGNNF

- nombre_cientifico
 - Achromobacter xylosoxidans subsp. Deni
 - Achromobacter group B**
 - Achromobacter group E
 - Achromobacter group F
 - Achromobacter piechaudii
 - Achromobacter xylosoxidans subs. Xylosc
 - Acidovorax delafieldii
 - Acidovorax facilis
 - Acidovorax temperans
 - Acinetobacter calcoaceticus
 - Acinetobacter haemolyticus
 - Acinetobacter johnsonii (Asacarolitico)
 - Acinetobacter junii (Asacarolitico)
 - Acinetobacter lwoffii (Asacarolitico)
 - Acinetobacter bumannii
 - Acinetobacter radioresistens
 - Agrobacterium yellow group
 - Alcaligenes faecalis
 - Alcaligenes like-group 1
 - Alishewanella fetalis
 - Balnearix alpica
 - Bergeyella zoohelcum
 - Bordetella avium
 - Bordetella bronchiseptica

Types

- BGNNF

INSTANCE EDITOR
For Instance: Achromobacter group B (instance of BGNNF, internal name is bgnnf_Class10108)

Nombre Científico: Achromobacter group B

Prueba MOR: bastón

Prueba OX: 90

Prueba MACK: 100

Prueba C42: 100

Prueba PIVR: 0

Prueba YELW: 67

Prueba BRWN: 0

Prueba PINK: 0

Prueba NIT: 100

Prueba MOT: 100

Prueba IND: 10

Prueba GLU: 100

Prueba PMX: 0

Prueba ADH: 100

Prueba ADO: -1

Prueba FEN: -1

Prueba FLUR: -1

Prueba ACTM: -1

Prueba HCIT: -1

Prueba ALM: -1

Prueba CURE: 100

Prueba FRU: -1

Prueba GEL: 0

Prueba CSSA: 100

Prueba NITO: 100

Prueba C25: 100

Prueba C35: 100

Prueba HAGS: -1

Prueba GNTO: 100

Prueba ORN: 0

Prueba NACL6: 100

Prueba H2S: 0

Prueba H2SLP: 100

Prueba CAT: 100

Prueba LAC: 33

Prueba SACT: -1

Prueba PIMP: 100

Prueba CTR: 100

Prueba CTRM: 0

Prueba MAL: 100

Prueba MAN: 67

Prueba SAC: 100

Prueba SER: -1

Prueba DNA: -1

Prueba ESC: 100

Prueba XYL: 100

Prueba TSI: 0

Prueba URE: -1

Prueba MILK: -1

Prueba GELL: -1

Prueba TAR: -1

Prueba LIS: 0

Prueba TREO: -1

Prueba PEN: -1

Prueba NACL0: 100

5 REFERENCIAS

- [1] Gómez-Pérez A., Fernández-López M. y Corcho M., *Ontological Engineering*, Springer Verlag London, Mayo, 2004.
- [2] Sowa J.F., *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations*, Brooks Cole, Pacific Grove, CA., 2000.
- [3] Guarino N., Giaretta P., *Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification*. In: Mars N (ed) *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing (KBKS'95)*, University of Twente, Enschede, The Netherlands. IOS Press, Amsterdam, The Netherlands, pp 25–32. 1995.
- [4] Gruber T., *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*. Available as Technical Report KSL 93-04, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University. [On line]. <http://citeseer.ist.psu.edu/gruber93toward.html>, 2007.
- [5] Uschold M., Gruninger M., *Ontologies: Principles, Methods and Applications*. AIAI- TR-191. Knowledge Engineering Review. Vol 11 Number 2. [On line]. <http://citeseer.ist.psu.edu/uschold96ontologie.html>, 2007.
- [6] Hendler J., *Agents and the Semantic Web*, IEEE Intelligent Systems, Vol. 16, no. 2, pp. 30–37, 2001.
- [7] Chandrasekaran B., Josephson J.R., Benjamins V.R., *What are Ontologies, and Why Do We Need Them?*, IEEE Intelligent Systems, Vol. 14, no. 1, pp. 20–26, 1999.
- [8] Gruber T., *A Translation Approach to Portable Ontology Specifications*, Knowledge Acquisition, Vol. 5, no. 2, pp. 199–220, 1993.
- [9] Guarino N., *Formal Ontology, Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 43, no. 5/6, pp. 625–640, 1995.
- [10] McGuinness D.L., *Ontologies Come of Age, in Spinning the Semantic Web: Bringing the World Wide Web to Its Full Potential*, eds. D. Fensel, J. Hendler, H. Lieberman, & W. Wahlster, MIT Press, Boston, MA, pp. 1–18, 2002.
- [11] Schreiber, G., Wielinga, B., de Hoog, R., Akkermans, H., y Van de Velde, W., *CommonKADS: A Comprehensive Methodology for KBS Development*, IEEE Expert, Vol. 9, no. 6, pp. 28–37, 1994.
- [12] Gašević D., Dejuric D., Devežvić V., *Model Driving Engineering and Ontology Development*, Springer Verlag, Berlin, Febrero, 2009.
- [13] Ramos E. y Nuñez H., *ONTOLOGÍAS: Componentes, Metodologías, Lenguajes, Herramientas y Aplicaciones*, Lecturas en Ciencias de la Computación, Universidad Central de Venezuela, ISSN 1316-6239, 2007.
- [14] Roy N. y McGuinness D., *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. Stanford University. Stanford knowledge Systems Laboratory. Technical Report KSL-01-05, 2001.

- [15] Uschold M., King M., *Towards a Methodology for Building Ontologies*. IJCAI'95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing. [On line]. <http://citeseer.ist.psu.edu/uschold95toward.html>, 1995.
- [16] Grüninger M., Fox M., *Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies*. IJCAI'95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing. [On line]. <http://citeseer.ist.psu.edu/grninger95methodology.html>, 1995.
- [17] Staab S., Studer R., Schnurr H. y Sure Y., *Knowledge Process and Ontologies*. IEEE Intelligent Systems. 16(1):26-34, January-February, 2001.
- [18] Thomas D., Michael T., *Microbiología*, Prentice Hall, Sexta Edición, México, pp 543, 1993.
- [19] Castillo M., Elina M., *Manual de Identificación de los Bacilos Gram Negativos no Fermentadores de la Glucosa*, Coordinación Regional de Laboratorios del Estado Zulia, Laboratorio de Referencias Bacteriológica para el Control Sanitario de Alimentos y Vigilancia Epidemiológica (LARBCAVE). 2001.
- [20] Gerhardt M., *Manual of Methods for General Bacteriology*, American Society for Microbiology, pp. 127–128, 1981.
- [21] Protégé, [On line]. <http://protege.stanford.edu/> 44, 2011.