

Modelado ontológico del pensamiento clínico

Solarz P¹, Díaz A²

¹ *Instituto de Bioelectrónica, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Tucumán*

² *LIFIA, Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata*

Resumen.

Las ontologías relacionadas con la medicina basan sus conceptualizaciones en las ciencias biomédicas, o expresan, cuando se trata de la clínica, clasificaciones de enfermedades, sus agentes causantes, signos, síntomas, etc. Estos enfoques están muy relacionados con los sistemas de información y no explicitan las conceptualizaciones realizadas en ese proceso de pensamiento clínico, el cual, si ha sido objeto de diferentes teorías desarrolladas desde las ciencias cognitivas. En el presente trabajo nos proponemos desarrollar un modelo ontológico del proceso de pensamiento clínico basado en las ciencias cognitivas. Se trata de un trabajo exploratorio, donde en particular, generamos las categorías ontológicas basándonos en la semántica estructural. Con el objetivo de dotar a los conceptos usados, de un significado cuyo alcance pueda ser compartido desde otras ontologías, sin ambigüedades, el modelo se basa en ontologías fundacionales cuyo punto de vista abarca categorías desarrolladas desde las ciencias cognitivas.

Palabras Clave:

Ontologías, Ciencias Cognitivas, Pensamiento Clínico

1 Introducción

Una ontología es una especificación explícita de una conceptualización [1]. Las conceptualizaciones son previas a la existencia de las ontologías y atraviesan la mayor parte de las actividades humanas. Hay muchas conceptualizaciones que son explicitadas mediante diferentes tipos de lenguajes, como las realizadas por las ciencias, por lo que la “especificación explícita” que deben hacer las ontologías tiene que reflejar y formalizar las conceptualizaciones ya realizadas. Otras conceptualizaciones tienen un origen más social, como las que se refieren a las organizaciones, las ideas, etc. y tanto el vocabulario, como los propios conceptos varían según los grupos sociales. Las especificaciones explí-

citas en estos casos suelen ser variadas y reflejan diversidades culturales. Otro aspecto a tener en cuenta es que muchas veces las especificaciones explícitas realizadas por las ontologías no son conceptualmente completas, sino que son parciales, ya que reflejan determinados puntos de vista en particular [2].

Estas diferencias entre las conceptualizaciones en las que se basan las ontologías en general, también se ven reflejadas en el dominio de la medicina, donde conviven ontologías sobre distintas ciencias biomédicas, por una parte, y la clínica, donde convergen lo científico, social, psicológico, etc., por el otro. Desde el lado de las ciencias biomédicas podemos encontrar una gran cantidad de ontologías que responden a diferentes necesidades de diferentes grupos (Bioportal [3]). Respecto de la clínica en particular, los enfoques están muy relacionados con clasificaciones de enfermedades, sus agentes causantes, relaciones con observaciones clínicas.

Particularmente, las ciencias médicas explican los signos y síntomas desde la enfermedad, a la inversa del proceso de pensamiento clínico real ante el paciente, que debe indagar las causas de los fenómenos observables, signos y síntomas. El enfoque, en la mayoría de estos casos responde a las necesidades derivadas de los sistemas de información orientados a registro médico electrónico y aplicaciones de epidemiología y estadística, como en los casos de CIE [4] y SNOMED CT [5], por ejemplo.

Las ontologías existentes en general no explicitan las conceptualizaciones realizadas en ese proceso de pensamiento clínico. El cual, si ha sido objeto de diferentes teorías desarrolladas desde las ciencias cognitivas. El interés particular de las ciencias cognitivas en este aspecto tiene que ver con tipificar abstracciones, asociaciones, generación de hipótesis, etc., donde se pueden ver las diferencias entre el pensamiento del experto y el novato, como se conducen el aciertos y errores en el proceso diagnóstico, como intervienen observaciones, conocimiento de ciencias básicas y experiencia, para orientar la enseñanza y práctica de la clínica.

En el presente trabajo nos proponemos desarrollar un modelo ontológico del proceso de pensamiento clínico basado en las ciencias cognitivas. Se trata de un trabajo exploratorio sobre el uso de ontologías en la aplicación de teorías cognitivas al pensamiento clínico, donde en particular, generamos las categorías ontológicas basándonos en la semántica estructural, desarrollada por Lemieux y Bordage [6].

Con el objetivo de dotar a los conceptos usados de un significado cuyo alcance pueda ser compartido desde otras ontologías, sin ambigüedades, el modelo se basa en ontologías fundacionales cuyo punto de vista abarca categorías de las ciencias cognitivas, como DOLCE [7] y GFO [8].

En el desarrollo de la teoría cognitiva y de las ontologías fundacionales, explicitamos una serie de conceptos y en muchos casos asignamos acrónimos. En todos estos casos vamos a sub indicar el origen de los mismos.

El trabajo se desarrolla de la siguiente manera: en el capítulo 2 hacemos una rápida revisión de las ontologías en la medicina y en particular la clínica médica. En el capítulo 3 hacemos lo propio con las ciencias cognitivas y la clínica médica. En el capítulo 4 analizamos parte de las ontologías fundacionales sobre las que vamos a basar las categorías del proceso de pensamiento clínico, que es lo que desarrollamos, como objetivo en el capítulo 5.

2 Ontologías y Clínica Médica

Existe una cantidad importante de ontologías, nomenclaturas y vocabularios que abordan conceptos relacionados con la medicina y con las disciplinas y ciencias que la soportan. En Bioportal [3] se muestra una lista con los accesos a más de 300 de ellas (entrada el 23/03/2012) entre las que se encuentran clasificaciones de enfermedades realizadas bajo diferentes criterios, partes anatómicas, genética, histología, etc., algunas con pretensiones muy específicas desde el punto de vista del dominio conceptual que abordan y otros mucho más generales al punto de ser referentes como nomenclaturas.

En las que tienen un dominio muy acotado a ciencias biomédicas, los conceptos y sus relaciones están claramente determinados desde sus respectivas disciplinas, aunque los vocabularios no sean exactamente coincidentes. En muchos casos, si bien los dominios son similares, las motivaciones y enfoques son diferentes, como ocurre con las clasificaciones de enfermedades desde el lugar de órganos afectados y agentes que originan la afección (CIE 10[4], por ejemplo) u otras donde es posible clasificar síntomas y signos, como también las enfermedades (SNOMED CT[5], por ejemplo).

GALEN [9], particularmente, tiene el objetivo de proveer metodologías y herramientas para ser usadas por ontologías del dominio, toman-

do como referencias terminologías estándares y desarrollando las categorías ontológicas en relación a ontologías superiores (o fundacionales), lo que permite abordar desde un punto de vista más abstracto, y a la vez uniforme y claro, las enfermedades, consideraciones fisiopatológicas, signos, síntomas, etc.

Los sistemas de registro médico electrónico, aún aquellos que están basados en los estándares más importantes RIM de HL7 [10], el modelo de información de openEHR [11], CEN 13606 [12] están estructurados para procesar y persistir las observaciones, las evaluaciones, instrucciones y acciones sobre los pacientes, los roles involucrados, etc., que son conceptos derivados de los actos médicos y cuyas relaciones son determinadas principalmente por las necesidades de los registros médicos electrónicos. Generalmente referencian vocabularios tales como CIE 10, SNOMED, LOINC, etc. y tienen dificultades para resolver conceptualizaciones de un nivel más abstracto como las asociaciones de síntomas, o de estos con fisiopatologías, etc.

Por otra parte las observaciones, las evaluaciones, instrucciones y acciones, que se derivan de la práctica son muchas y fundamentalmente complejas, lo que se expresa en estructuras de datos difíciles de mantener y muchas veces, alejadas de los conceptos que manejan los usuarios. El modelo de arquetipos [13] propone abordar este problema entre la complejidad de datos y los conceptos a nivel de usuario mediante una segunda capa definida como capa de conocimiento y con conceptos de especialistas de dominio denominados arquetipos que usan la información persistida en la primera capa.

En sí mismos los arquetipos no proveen categorizaciones conceptuales que permitan relacionar subconjuntos de la información para obtener conclusiones a nivel más abstracto, por ejemplo en la relación entre síntomas, estilos de vida, hábitos alimentarios, decisiones médicas, enfermedades, etc. en forma explícita. De hecho, como se plantea en [14], los arquetipos modelan información, por lo que no expresan las relaciones conceptuales que desde los agentes de salud permitieron generar los vínculos entre las observaciones, las hipótesis y decisiones.

En Scilia et al.[15] se plantea la problemática del proceso de conocimiento clínico en relación al paciente. Su enfoque presenta el conocimiento médico como una mezcla del científico (base biomédica) con la “cultura personal” y modela el ciclo de vida de la adquisición del conocimiento clínico a partir de procesos de creación, desarrollo, esparci-

miento y utilización, donde clasifica parte de la información médica con categorías tomadas de Cyc [16].

Así, las representaciones de información y conocimiento relacionadas a las ciencias biomédica y la práctica presentan diferentes puntos de vista derivados de diferentes necesidades. Observaciones clínicas de los pacientes en las historias clínicas electrónicas, arquetipos que abstraen su complejidad estructural, vocabularios, representaciones conceptuales de las ciencias biomédicas y los intentos de representar la clínica ya no como generadora de información sino como proceso cognitivo en relación al paciente.

3 Ciencias cognitivas y clínica médica

Ciencia cognitiva es el estudio interdisciplinario de mente e inteligencia, abarcando filosofía, psicología, inteligencia artificial, neurociencias, lingüística y antropología [17].

La hipótesis central de la ciencia cognitiva es que el pensamiento puede ser mejor comprendido en términos de las estructuras con las que se representa en la mente y los procesos que operan sobre esas estructuras. Aunque hay mucho desacuerdo acerca de la naturaleza de las representaciones y procesos que constituyen el pensamiento, esa hipótesis central es lo bastante general para abarcar diferentes teorías [18].

3.1 Ciencias cognitivas en clínica médica

Parte de los esfuerzos por representar el conocimiento han sido destinados a la medicina, donde, como hicimos en el apartado anterior, hay que diferenciar la representación del conocimiento científico aplicado, particularmente la fisiopatología de las enfermedades, del proceso de adquisición de conocimiento en particular sobre un paciente, desde la óptica de la práctica clínica, es decir, del estudio del paciente a través de sus signos, síntomas, estudios complementarios y la aplicación del conocimiento que en definitiva permite arribar a las condiciones fisiopatológicas que lo afectan y generación de hipótesis diagnósticas o a una definición de síndrome que permitirán prescribir tratamientos. Varios autores han desarrollado trabajos generando distintas teorías y modelos (a veces contradictorias) acerca de cómo se desarrollan los modelos mentales en el proceso clínico en relación a los pacientes [23].

En el presente trabajo abordamos el desarrollo de modelos ontológicos a partir de modelos cognitivos. Particularmente en este caso, como trabajo exploratorio, tomamos el modelo cognitivo denominado semántica estructural [6], que describimos a continuación.

Semántica estructural: El objeto de la semántica estructural (SS) es estudiar los sistemas de significados contenidos en los discursos tales como los que se presentan en la clínica médica. Ve al lenguaje en dos dimensiones: lineal (sintáctica) y vertical (semántica). En la última el sujeto organiza el significado de la información factual en múltiples niveles llamados ejes semánticos (ES_{SS}). Los ES_{SS} representan niveles lógicos de abstracción y corresponden a las estructuras profundas del lenguaje (la superficial es la lineal).

El clínico asocia hechos (por ejemplo un diarrea de hace más de tres semanas) con una propiedad semántica cualitativa (PSC_{SS}), que es el valor que provee al ES_{SS} (ej.: Diarrea Crónica), y que es organizado en su mente en oposición a su contraparte (ej.: Diarrea Aguda). Los dos términos contrapuestos constituyen un ES_{SS} específico y el término seleccionado es su polaridad o PSC_{SS}.

La resolución de un caso clínico tiene que ver con varias de estas PSC_{SS} en sus ejes, asociándolas entre sí y formando una estructura semántica (StrS_{SS}) (ej.: Diarrea Crónica + lactante + bajo peso).

Una mayor cantidad de ejes, por lo tanto mayor cantidad de propiedades cualitativas obtenidas desde signos, síntomas y estudios complementarios, permiten lograr un nivel de pensamiento de mayor profundidad semántica (o de mayor abstracción).

Profundidad semántica (deep semantic) significa entonces la presencia en el pensamiento de múltiples ejes semánticos con sus respectivas polaridades asociados en *estructuras semánticas* (StrS_{SS}).

La relación de observación y ES_{SS} no es uno a uno, cada observación puede derivar en la abstracción hacia más de un eje semántico: por ejemplo “debilidad de abducción en los dedos” puede derivar hacia 1) ES_{SS}: “sensibilidad motora”, PSC_{SS}: disminución, 2) ES_{SS}: lateralidad, PSC_{SS}: (unilateral o bilateral), 3) ES_{SS}: sistema nervioso afectado PSC_{SS}: central o periférico. Por otra parte, más de una observación pueden compartir un eje: “atrofia de los músculos intrínsecos de la mano” con “debilidad de abducción en los dedos”, comparten el eje de sensibilidad motora.

El mecanismo por el cual la cualidad (PSC_{SS}) es pensada en oposición polar al otro componente del ES se denomina “diferenciación semánti-

ca” (La diarrea crónica de la aguda), y el uso de más de un eje para agregar profundidad permite generar hipótesis acerca de diagnósticos pertinentes o no (ej.: Diarrea Crónica + Deposiciones con restos de comida, pueden deberse a [síndrome de mala absorción intestinal | tránsito digestivo acelerado]). Es un proceso donde no solo se asocian las PSC_{SS} sino también con la anatomía, histología, etc. generando unidades morfológicas (Morphological Units MU_{SS}) que permiten explicar las fisiopatologías que generan los signos y síntomas. Así se contrastan diagnósticos mediante ejes precisos, a más ejes mayor capacidad de contraste en la fisiopatología subyacente y por lo tanto entre los posibles diagnósticos. Los procesos de explicación fisiopatológica y generación y descarte de hipótesis diagnósticas se postulan simplemente como operaciones mentales (Mental Operations MO_{SS}).

Esquemáticamente las principales funciones cognitivas de los ES_{SS} son:

1. Clasificar significados en términos de oposiciones binarias (generando una PSC_{SS}).
2. Asociarlas en forma de StrS_{SS}
3. Asociarlas morfológicamente en relación a anatomía, situaciones previas, etc. generando MU_{SS}
4. Organizar las hipótesis diagnósticas (o diagnósticos pertinentes) de acuerdo a conjuntos de las propiedades anteriores a través de MO_{SS}.

4 Ontologías y ciencias cognitivas

Una ontología superior (o fundacional) “pretende describir conceptos muy generales que son lo mismo en todos los dominios. La aspiración es tener un gran número de ontologías bajo esta ontología superior” [19].

Sin embargo, la existencia de varias ontologías superiores muestra que la aspiración relativa a todos los dominios es por ahora inalcanzada, en parte por la dificultad de abarcar dominios demasiado diversos, pero fundamentalmente por los diferentes enfoques con los cuales se conceptualizan las cosas del mundo, desde puntos de vista filosóficos, psicológicos, etc. razón por la cual es importante la explicitación de esos enfoques por parte de las ontologías superiores. Esto es lo que pretende el proyecto WonderWeb [7], desarrollando una biblioteca de ontologías fundacionales con la explicitación de sus “compromisos ontológicos” y la relación que hay entre ellas. Dos ejemplos de ontologías fundacionales contenidos en este proyecto, pero con visiones distintas son:

BFO [20] está orientada a proveer soporte a ontologías de dominio científico, y en particular ciencias biomédicas.

DOLCE [7] en cambio tiene un sesgo cognitivo, capturando categorías ontológicas que se desprenden del lenguaje natural y de categorías que se relacionan con lo perceptivo y su relación con lo cultural y el conocimiento propio.

El enfoque (o compromiso) ontológico seleccionado tiene que ver con nuestro objetivo de modelar el pensamiento clínico, que parte de la percepción lograda en la interacción con la realidad (signos, síntomas y estudios complementarios del paciente) y es luego asociada, como interpretación, haciendo uso entre otros, de conocimiento científico.

Los conceptos y sus relaciones abordados, como señalamos anteriormente, no están formalmente predefinidas en el propio ámbito del dominio como ocurre con las ciencias, sino que conllevan las ambigüedades de lo cultural, lingüístico, etc. Generar ontologías en este tipo de dominios, que puedan ser usadas desde razonadores o comparadas desde múltiples puntos de vista, requieren de la aplicación de un enfoque formal que esté por encima del dominio en cuestión, es decir que aborde la esencia de los conceptos que son previos al dominio. Ese es el rol de las ontologías fundacionales o superiores.

En este apartado presentamos los aspectos de mayor interés que abordan las ontologías superiores en las que basamos las relaciones formales y que están acordes a nuestro enfoque: DOLCE, UFO y GFO.

4.1 DOLCE

DOLCE (Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering) [7] es una ontología superior con sesgo cognitivo, en el sentido en que está orientada a capturar las categorías ontológicas que subyacen en el lenguaje natural y lo perceptivo.

En la figura 1 se muestra una taxonomía de las categorías básicas de DOLCE, a continuación hacemos una descripción breve de las de nuestro mayor interés:

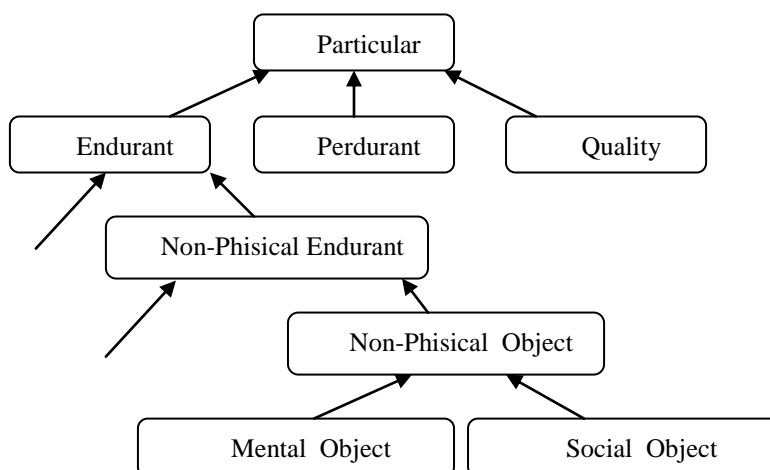


Figura 1

En el tope se encuentra *Particular*, debido a que toda la ontología está orientada a entidades que son particulares, es decir instancias del mundo real.

La distinción entre *endurants* y *perdurants* (o *continuants* y *occurrents* respectivamente, en el ámbito filosófico) tiene que ver con las entidades que se definen independientemente de la temporalidad (*endurants*) y las que suceden, se desarrollan, en el transcurso del tiempo (*perdurants*). Así, objetos físicos, mentales, estructuras sociales, agentes, etc. definidos fuera del alcance de cambios en el transcurso del tiempo son *Endurants_{DOLCE}*. En cambio, los procesos, eventos, estados, etc. que caracterizan los cambios a medida que transcurre el tiempo son *Perdurants_{DOLCE}*. Como ejemplo de esto consideremos una enfermedad, desde el punto de vista de su definición es un *Endurant_{DOLCE}*, cuando decimos Diabetes de Tipo II, es un concepto atemporal, relacionado con diferentes fenómenos tales como insulina, azúcar, obesidad, etc. pero en el ámbito de un enfermo de diabetes, todos estos fenómenos se expresan de diferente manera en momentos distintos, la enfermedad evoluciona y tal evolución de la enfermedad es un proceso (y por lo tanto un *Perdurant_{DOLCE}*), con estados modificados a través de eventos.

Relacionado con los anteriores se definen los *Qualities_{DOLCE}*, cuya existencia está siempre relacionada a un *Endurant_{DOLCE}*, y son entidades que percibimos o medimos: formas, colores, tamaños, sonidos, consistencias, olores, pesos, longitudes, etc. cada uno tiene su propio espacio de valores, los *quales*. Por ejemplo el rojo, es un *quale* en el espacio colores.

4.2 UFO

UFO (Unified Foundational Ontology)[21], nace como modelo unificado de GFO (Generalized Formalized Ontology)[8] y la ontología para universals OntoClean [22], y está basado en un conjunto de teorías provenientes de Formal Ontologies, Philosophical Logics, Philosophy of Language y Cognitive Psychology. Y entre sus objetivos se plantea proveer la semántica para la construcción de modelos de lenguajes.

UFO está basado en 4 categorías organizadas en dos pares. Un par describe aquellas entidades que tienen existencia propia: *ObjectUniversal_{UFO}*, desde donde se instancian los *ObjectsParticulars_{UFO}* con identi-

dad propia. El otro par $MomentsUniversals_{UFO} / MomentsParticulares_{UFO}$ describe aquellas entidades cuya existencia depende de otra, no necesariamente en primera instancia de un Object, pero si en última.

En UFO, Objects están fundados en existencia material, DOLCE en cambio tiene una categoría más abstracta, necesaria para nuestros fines y es la de $Endurants_{DOLCE}$, compuesta tanto de objetos de existencia material como de existencia inmaterial tales como $MentalObjects_{DOLCE}$ y $SocialObjects_{DOLCE}$.

Moments tiene asociada una dimensión $Quality_{DOLCE,UFO}$ en términos cognitivos (p.ej. la masa de un objeto se describe mediante un valor numérico mayor que cero) y pueden aplicarse a cualquier particular. El concepto de Qualities está más asociado al concepto de dimensiones tal como se usa en el dominio de las ciencias. Sin embargo, de acuerdo a la semántica estructural, que veremos en un apartado siguiente, el pensamiento del clínico al representar mentalmente la enfermedad toma nociones más discretas representativas del problema a tratar y no los valores percibidos o medidos por lo que, al ser una representación cognitiva, $Quality_{DOLCE,UFO}$ se usará en este último sentido.

Moments además se diferencian entre intrínsec y relational (o relator moments):

- $IntrinsicMoments_{UFO}$: dependen de un solo $ObjectParticular_{UFO}$ (p. ej. dolor de cabeza, color, etc.).
- $RelationalMoments_{UFO}$: dependen de una pluralidad de $ObjectParticular_{UFO}$ (p.ej. tratamiento médico, un empleo).

Los qualities a su vez se distinguen entre:

- $QualitySeparable_{UFO}$, p. ej. peso, color, o sea podemos tomar una sin la otra.
- $QualityIntegral_{UFO}$: el matiz, el brillo y la intensidad son siempre qualities del color, que es el $QualityDomain_{UFO}$ integrador.

Pero además, como algunas de estas qualities no son independientes entre sí, el $QualityDomain_{UFO}$ posee una $QualityStructure_{UFO}$.

Un $ConceptualSpace_{UFO}$ es un conjunto de $QualityDomain_{UFO}$ y sirven como herramienta para ordenar distintas relaciones entre percepciones.

Por otra parte hay moments que no tienen asociados qualities, y se denominan $Mode_{UFO}$ e incluyen: creencias, deseos, intenciones, percepciones, síntomas, destrezas, etc.

Otras entidades importantes caracterizadas por UFO son las $Relations_{UFO}$, que vinculan otras entidades. Estas pueden ser formales o materiales:

- Las relaciones formales generan vínculos sin la mediación de un particular, ejemplos: part-of, is-a, subset, etc. o cuando se realizan comparaciones como: mayor que, más alto que, etc. y las comparaciones son arbitrarias, dependen del “observador”.
- Las relaciones materiales requieren de un particular, y la relación está basada en ese particular. Por ejemplo, el estudiante X está inscripto en el curso de física. Hay un particular, que es la inscripción de X en física. La inscripción se denomina $Foundation_{UFO}$ de la relación, ya que todas los momentos de la relación dependen de esta.

4.3 GFO (Perdurants)

En línea con la idea de que describimos procesos desde el enfoque de teorías cognitivas, analizamos finalmente la categoría de $Perdurants_{GFO,DOLCE}$ en GFO (General formal Ontology) que está particularmente desarrollada y captura las entidades que se desarrollan en el tiempo [8].

Se define como $Chronoid_{GFO}$ a una subclase de una región temporal que tiene exactamente dos extremos e infinitos puntos internos. Una parte de un $Chronoid_{GFO}$ es también un $Chronoid_{GFO}$.

Un $Process_{GFO}$ es un $Perdurant_{DOLCE}$ en su conexión con el tiempo en el que se desarrolla, o su $Chronoid_{GFO}$. Hay procesos que pueden considerarse por separado, esto es, a lo largo de diferentes $Chronoid_{GFO}$ (por ejemplo, una lectura de libro separada en etapas diferentes), pero que en conjunto es un agregado de $Process_{GFO}$ o $GeneralizedProcess_{GFO}$. También, partes de $Process_{GFO}$, son $Process_{GFO}$.

Un $Presential_{GFO}$, es un $Endurant_{GFO,DOLCE}$, cuya existencia es en un punto del $Chronoid_{GFO}$.

Un $Persistent_{GFO}$, es un $Perdurant_{GFO,DOLCE}$, permanece a lo largo del tiempo (por ejemplo una persona), pero pueden variar sus propiedades (no su identidad). Así un ejemplo de $Presential_{GFO}$ es la persona en un determinado instante de tiempo.

Un $MaterialStructure_{GFO}$ es un $Presential_{GFO}$ que ocupa un espacio determinado y es portador de $Quality_{DOLCE,UFO}$.

Dos $Process_{GFO}$ se encuentran si sus $Chronoid_{GFO}$ también lo hacen.

Los $Presential_{GFO}$ identificados como límites (puntos extremos) de $Process_{GFO}$ se denominan $Configurations_{GFO}$: en general constituidos de $MaterialStructure_{GFO}$, de $Quality_{DOLCE,UFO}$ y de $Relators_{UFO}$ que participan del proceso.

$Change_{GFO}$: es el par de límites del $Process_{GFO}$. Si el par es interno a un $Process_{GFO}$, es un subproceso o parte del proceso más general (Por ejemplo la internación en una enfermedad) y determina un $IntrinsicChange_{GFO}$. Si el par coincide es un evento puntal y el cambio se denomina $ExtrinsicChange_{GFO}$ (Por ejemplo: un alta médica, pasa de un estado de afectación a enfermedad en términos formales a uno como sano).

Es importante señalar que los cambios se realizan sobre algún momento relacionado al $Persistent_{GFO}$ (por ejemplo sobre la inflamación, del elemento que se inflama).

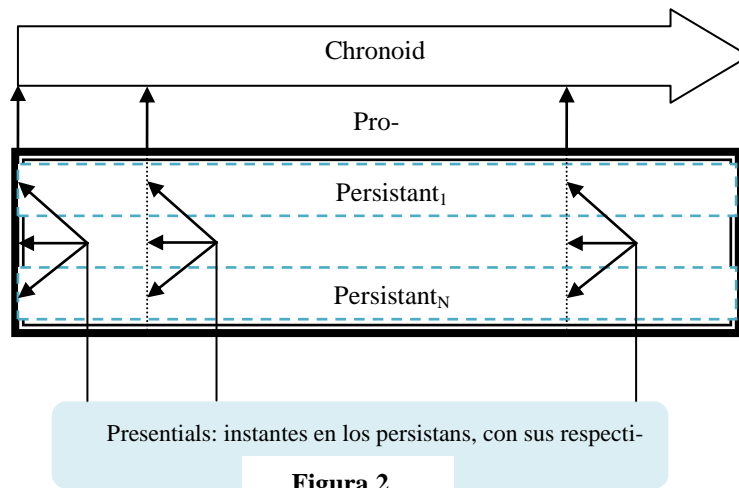
Los $ExtrinsicChange_{GFO}$ suelen ser parte de $Process_{GFO}$ que alternan momentos de cambio con momentos estáticos. Estos últimos son $DiscreteProcess_{GFO}$, y los períodos estáticos se denominan $States_{GFO}$.

$SimpleProcess_{GFO}$ y $ComplexProcess_{GFO}$: Se definen por si están basados en uno o más $Persistent_{GFO}$ respectivamente. Los diferentes $Persistent_{GFO}$ forman las $StructuralLayers_{GFO}$ del $ComplexProcess_{GFO}$ y tienen un desarrollo propio aunque generalmente interdependiente.

$History_{GFO}$: Consiste de una serie de puntos de un $Process_{GFO}$, que determinan nuestras observaciones del $Process_{GFO}$ subyacente. Por ejemplo, las observaciones (temperatura por ejemplo) de una enfermedad forman una historia del proceso de la enfermedad.

En la figura 2 representamos las entidades más importantes relacionadas con los $Process_{GFO}$ que involucran $Persistent_{GFO}$. Cada $Process_{GFO}$ puede representar la evolución de las propiedades de varios $Persistent_{GFO}$ (p.ej. varios órganos afectados por el proceso de una enfermedad). Las flecha verticales reflejan las proyecciones instantáneas sobre el $Chronoid_{GFO}$, y que determinan los $Presentials_{GFO}$, también verticales en líneas puntadas. Un $Presential_{GFO}$ refleja los $Quality_{DOLCE,UFO}$ de un $Persistent_{GFO}$ en un instante de tiempo determinado. Además están relacionados con el tipo de $Change_{GFO}$: Si un $Quality_{DOLCE,UFO}$ varía en el instante de un $Presential_{GFO}$, estamos ante un $ExtrinsicChange_{GFO}$ (por ejemplo la presencia o no de apéndice ante una extirpación). Si el $Quality_{DOLCE,UFO}$ varía entre más de un $Presential_{GFO}$

$tial_{GFO}$, (por ejemplo el volumen- $Quality_{DOLCE,UFO}$ - de un órgano –el $Persistent_{GFO}$ - inflamado). La relación con las entidades $Change_{GFO}$ e $History_{GFO}$ se representan en la figura 3.



5 El modelo ontológico

5.1 Categorías ontológicas y semántica estructural

Según la semántica estructural (SS), cada síntoma expresado por el paciente, signo detectado por el médico o resultados de estudios complementarios, son cualificados en uno o más ejes (ES_{SS}) con su respectiva polaridad o propiedad semántica cualitativa (PSC_{SS}).

A su vez los ejes pueden estar asociados entre sí: la presencia o no de sangre (un eje), deposiciones que caracterizan la diarrea (otro eje), las asociaciones pueden ser entre n ejes. Estas asociaciones, realizadas a nivel cognitivo se denominan, en el modelo de semántica estructural, estructuras semánticas ($StrS_{SS}$). En nuestro modelo no vamos a avanzar sobre las relaciones internas de estas estructuras, sino solo señalar que están compuestas por los polos (o los valores) de los ES_{SS} , las PSC_{SS} .

La medicina recibe el aporte de diferentes ciencias, básicas y aplicadas, con las que el clínico de alguna manera asocia las $StrS_{SS}$ y

con posibles explicaciones fisiopatológicas (mecanismos de alteración de las funciones normales).

El concepto de enfermedad, como $Process_{GFO}$, es universalmente reconocido en el ámbito científico, independientemente de las diferentes metodologías para abordarlo.

La clínica, en relación a la enfermedad del paciente, es también un $Process_{GFO}$, que se desarrolla paralelamente a la enfermedad desde el momento en que da cuenta del problema en el paciente, e interactúa con el proceso de la enfermedad, al menos en el subproceso hasta el diagnóstico (que es nuestro alcance por ahora), a través de la $History_{GFO}$ de aquella. Este último $Process_{GFO}$ tiene $States_{GFO}$ determinados por las observaciones clínicas, las PSC_{SS} desarrollados desde las estas, y los otros subprocesos dependientes de este, ya que desde las PSC_{SS} se generan las estructuras basadas en los ejes semánticos ($StrS_{SS}$), asociaciones con la anatomía y explicaciones fisiopatológicas de las $StrS_{SS}$ que en términos de semántica estructural son MU_{SS} , hipótesis diagnósticas (interpretaciones en general), etc.

En la tabla 1 mostramos la relación entre las categorías de la semántica estructural y de las ontologías fundacionales presentadas anteriormente.

Tabla 1

Semántica Estructural	Ontologías
Eje Semántico (ES_{SS})	$Quality_{DOLCE,UFO}$
Propiedad Semántica Cualitativa (PSC_{SS})	$Quale_{DOLCE,UFO}$ (del quality anterior)
Estructura Semántica ($StrS_{SS}$)	$ConceptualSpace_{UFO}$ (que es un MO_{DOLCE})
Unidades Morfológicas (MU_{SS})	MO_{DOLCE}/SO_{DOLCE} . Expresados como predicados de: Conocimiento médico, $Quale_{DOLCE,UFO}$, $ConceptualSpace_{UFO}$
Operaciones Mentales (MO_{SS})	MO_{DOLCE}/SO_{DOLCE} . Predicados respecto de los anteriores

El proceso de evolución de la clínica respecto de una enfermedad está sustentado en $MaterialStructures_{GFO}$ cambiantes como su Historia Clínica, donde se renuevan los $Quality_{DOLCE,UFO}$, los $MentalObjects_{DOLCE}$ basados en esos $Quality_{DOLCE,UFO}$, que a su vez modifican $MentalObjects_{DOLCE}$ (MO_{DOLCE}), que se vuelven a reflejar en la Historia Clínica, donde se convierten en $SocialObjects_{DOLCE}$ (SO_{DOLCE}). Son

capas, o sub $Process_{GFO}$ del mismo $Process_{GFO}$, que pueden compartir todo el $Chronoid_{GFO}$, o partes de él.

Las entidades como: $MaterialStructures_{GFO}$, MO_{DOLCE} , SO_{DOLCE} , $Quality_{DOLCE,UFO}$, son, en general, capas del proceso clínico que siguen sus propios cambios individuales, aunque interconectadas entre ellas para dar lugar al proceso general. Esa interconexión, sustentada por objetos y momentos (UFO) con sus dependencias en los cambios, se denomina conexión óptica.

El modelo que presentamos se muestra en la figura 3 y tiene base en dos procesos que transcurren paralelamente:

1. *Proceso enfermedad* (PrEn): es el proceso real de la enfermedad en el paciente.
2. *Proceso clínica* (PrCl): es el proceso esencialmente cognitivo que se genera en el conjunto de agentes de salud a partir de las observaciones (signos, síntomas, estudios complementarios) respecto del paciente.

La relación entre ambos $Process_{GFO}$ está dada por la $History_{GFO}$ del PrEn, conocida mediante las observaciones clínicas. Cada vez que se realiza un conjunto de observaciones, estas son asociadas a PSC_{SS} en el marco de ES_{SS} según la semántica estructural y se produce un $Change_{GFO}$ en PrCl, generando nuevos ES_{SS} con sus respectivos PSC_{SS} . Los valores concretos de estas PSC_{SS} son $Quale_{DOLCE,UFO}$ de los correspondientes $Quality_{DOLCE,UFO}$, ya que cada uno expresa desde el punto de vista cognitivo momentos de objetos (el Paciente, o algún aspecto anatómico, histológico, psicológico, etc.) de los cuales depende.

El inicio del PrCl suele determinarse por un $Change_{GFO}$ inicial que actúa como $Foundation_{UFO}$ del resto. Ese $Foundation_{UFO}$ depende de la característica de inicio del proceso, por ejemplo un motivo de consulta (o “problema de salud”) para un paciente sin internación, o problema por el que ingresa a una emergencia, etc.

Otros $Change_{GFO}$ que se producen en PrCl son los que se desarrollan a partir de los procesos cognitivos de los agentes de salud que intervienen de alguna manera respecto del paciente.

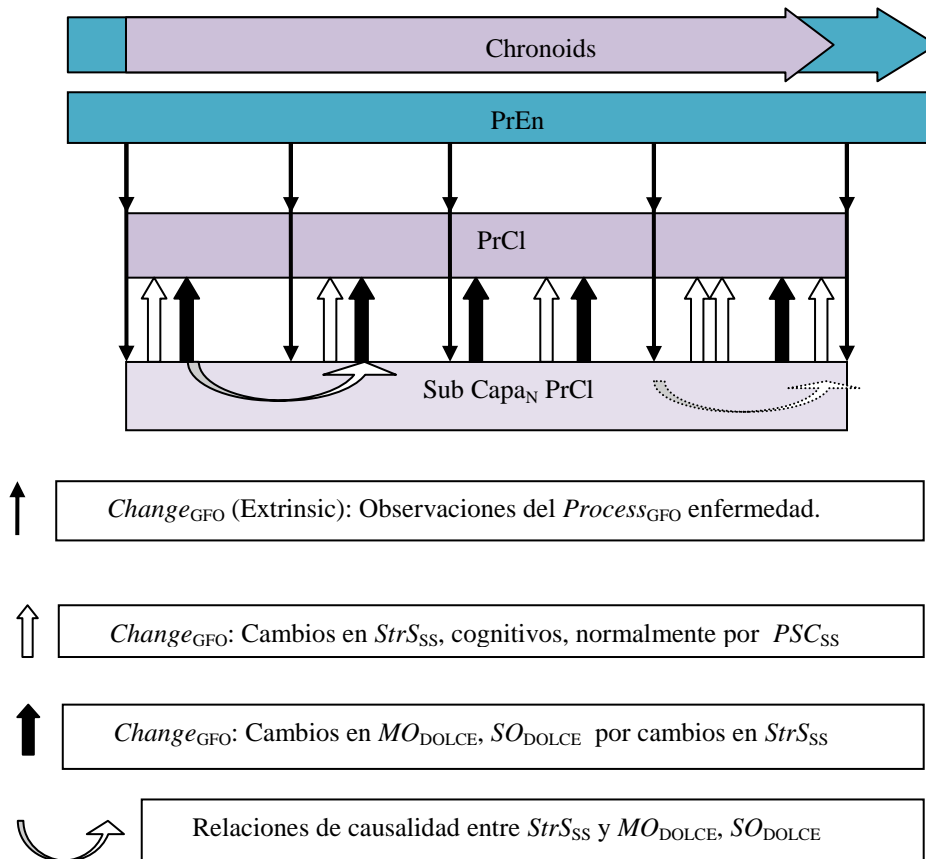


Figura 3

Generación de Estructuras semánticas ($StrS_{SS}$): están basadas en los ES_{SS} y son asociaciones de PSC_{SS} que forman conjuntos con alguna relevancia a nivel cognitivo (p.ej. lugar donde habita + tipo de agua que toma). Los ES_{SS} son considerados por los clínicos, y aquí puede haber diferencias entre uno y otro, por lo que las estructuras son espacios conceptuales que a su vez son MO_{DOLCE} . Luego, mediante la explicitación en historia clínica es compartido, no necesariamente acordado, con los clínicos intervinientes y convertido en un SO_{DOLCE} . Una $StrS_{SS}$ es un complejo que puede estar compuesto de:

- PSC_{SS} , exclusivamente

- PSC_{SS} , con unidades morfológicas y o MO_{SS} , tal como se definen en semántica estructural, provenientes de las relaciones entre las PSC_{SS} y asociaciones con la anatomía, fisiopatología, relaciones entre los propios PSC_{SS} que determinan factores de predisposición a enfermedades, relevancia de los síntomas, etc.

En la figura 4 b) y c) se muestran PSC_{SS} asociadas, particularmente por el hecho de que c) es dependiente de un valor particular de b).

Ejemplos de ES_{SS} y PSC_{SS} en diarrea

PSC_{SS} : Crónica	PSC_{SS} : Aguda	PSC_{SS} : Presentes	PSC_{SS} : Ausentes	PSC_{SS} : Débiles	PSC_{SS} : Intensos
PSC_{SS} : Desconocida		PSC_{SS} : Desconocida		PSC_{SS} : Desconocida	

(a) Tipificación temporal

(b) Presencia de cólicos

(c) Intensidad de cólicos

Figura 4

Los ejemplos de la figura explicitan la posibilidad de que una PSC_{SS} , dado un ES_{SS} , sea desconocida. Sin embargo, el desconocimiento puede no ser explicitado cuando el ES_{SS} no fue generado.

Por otra parte, el ES_{SS} c) es claramente dependiente no solo de b) sino de que PSC_{SS} : Presentes. Aunque esa dependencia no puede representarse bajo un integral $Quality_{DOLCE,UFO}$, ya que la presencia de un ES_{SS} cualquiera depende de que el agente de salud lo genere en forma explícita, razón por la cual hablamos de dependencia de c) respecto de b) y no de integralidad.

Generación de Morphological Units (MU_{SS}): MU_{SS} en términos de la Semántica estructural son generados al asociar PSC_{SS} individualmente y Str_{SS} con anatomía, mayor predisposición a un problema (por la edad, factores genéticos, ambientales, etc.). Dependen del clínico en particular y por lo tanto puede haber diferencias entre ellos. Cada

MU_{SS} es un MO_{DOLCE} o SO_{DOLCE} al incorporarse a una historia clínica) que genera un $Change_{GFO}$ en una capa del PrCl.

Mental Objects y Social Objects (MO_{DOLCE}/SO_{DOLCE}): son $Endurant_{DOLCE}$, de existencia inmaterial, constantes entre pares de $Change_{GFO}$ que lo afectan y por lo tanto, en puntos precisos del proceso tienen componentes diferentes incorporados desde el $Change_{GFO}$. Se refiere concretamente a lo que SEMÁNTICA ESTRUCTURAL define, en el marco de las operaciones mentales, como competencia generativa: inclusión, exclusión de diagnósticos, así como la probabilidad con la que se realizan esas operaciones; tiene que ver con los $ConceptualSpaces_{UFO}$ (concepto del modelo que define una $StrS_{SS}$), pero también con el conocimiento previo y experiencia del clínico que lo realiza. Cada MO_{DOLCE}/SO_{DOLCE} puede tener n interpretantes (producto de una elucidación común) y puede haber m ($m \leq n$) interpretaciones diferentes debido a diferentes opiniones.

Tanto los $ConceptualSpaces_{UFO}$ como las MO_{DOLCE}/SO_{DOLCE} , cambian con el tiempo (a lo largo del $Chronoid_{GFO}$), tanto por el impacto de nuevos $Quales_{DOLCE,UFO}$ (concepto del modelo que define una PSC_{SS}) como de aspectos cognitivos. Por lo tanto son $StructuralLayer_{GFO}$ de PrCl que comparten siempre $Quales_{DOLCE,UFO}$, que son la base de su conexión óptica.

Consideramos que el PrCl es discreto, cada $Change_{GFO}$ relacionado con $Quale_{DOLCE,UFO}$, $ConceptualSpace_{UFO}$, MO_{DOLCE}/SO_{DOLCE} genera un nuevo estado del $Process_{GFO}$, que consideramos constante hasta que aparece uno nuevo.

No realizamos proposiciones respecto de cómo se efectúan las asociaciones:

- 1) A nivel cognitivo: esto puede, con las herramientas planteadas, efectuarse para casos particulares y en concreto desde un Clínico en particular.
- 2) Desde la lógica, Sistemas expertos, etc. se han desarrollado modelos en particular que generan resultados para diagnosticar diferentes tipos de enfermedades.

GALEN, y particularmente las categorías *GeneralizedStructure*, *GeneralizedSubstance*, *ConceptsModifiers* y *Attributes*, puede ser un candidato importante para representar en profundidad las relaciones que

se generan en la capa PrCl, particularmente algunos *ConceptualSpaces*_{UFO} y *SO*_{DOLCE} relativos a interpretaciones diagnósticas.

Nuestra propuesta tiene que ver con el modelado del proceso cognitivo en general desde una teoría de ciencias cognitivas, con herramientas de ontologías fundacionales. De esta manera, introducimos los conceptos desarrollados por una determinada teoría cognitiva para el dominio de la clínica médica, que son una abstracción de conceptos representados en gran parte de los vocabularios médicos, pero asociados no en función de un sistema de información, sino desde el proceso de la clínica. Presentamos algunos ejemplos de estos conceptos en las tablas 2 y 3:

Tabla 2

Observación (o Constituent Unit)	<i>ES</i> _{SS} <i>Quality</i> _{DOL-CE,GFO}	PSC <i>Quale</i> _{DOLCE,GFO}
Diarrea desde hace 4 semanas	Tipificación temporal del síntoma	Aguda Crónica
Deposiciones con restos de comida	Presencia de comida en deposiciones	Con restos de comida sin restos de comida
Deposiciones de color marrón muy oscuro	Color de las deposiciones	Oscuras Claras
Presencia de sangre	Sangre en materia fecal	Con Sangre Sin Sangre

Tabla 3

<i>PSC</i> _{SS} <i>Quale</i> _{DOLCE,GFO}	<i>MU</i> _{SS} / <i>MO</i> _{SS} <i>MO</i> _{DOLCE} / <i>SO</i> _{DOLCE}
Con restos de comida	1) Mala absorción intestinal
Lactante	2) Posible intolerancia a la lactosa
Desde leche mixta	
Lactante	3) Intolerancia a la lactose
Desde leche mixta	
Mejora al cambio de leche	

En este ejemplo, cuyo *Change*_{GFO} inicial (*Foundation*_{UFO}) es la presencia del síntoma Diarrea mostramos las entidades de un PrCl. En el mismo se asocian, bajo la óptica de la Semántica Estructural las abstracciones (*Quale*_{DOLCE,GFO}) que un clínico en particular hace a partir de

observaciones clínicas. Es un resultado particular, ya que diferentes clínicos, aún sobre el mismo PrEn podrían haber generado diferentes $Quality_{DOLCE,GFO}$ (o ejes semánticos en semántica estructural). Más aún, la experiencia, el conocimiento y la capacidad de razonamiento generan diferencias notables respecto de posibles resultados alternativos al de la tabla 3.

Esto permitiría por ejemplo analizar comparativamente que asociaciones realiza cada clínico y que interpretaciones desarrolla. Lemieux & Bordage en [6] sostienen que los más experimentados usan mayor cantidad de ES_{SS} y desarrollan menor cantidad de diagnósticos erróneos.

Paralelamente y sobre un mismo $Chronoid_{GFO}$ se desarrollan PrEn y PrCl. En realidad es muy difícil en algunos casos diferenciar entre uno y otro motivo de cambio, por ejemplo, si un signo recién aparece o recién es percibido por algún clínico, especialmente porque en definitiva solo podemos ver lo que pasa por la percepción e interpretación de este.

Un ejemplo con casos de diarrea crónica

A continuación mostramos en un ejemplo, las categorías ontológicas desarrolladas desde la semántica estructural. El ejemplo está centrado en un síntoma principal (o problema, o motivo de consulta) que es la diarrea, a partir del cual pueden detectarse varias enfermedades posibles como causantes. Definición: (1) La diarrea es un síntoma que consiste en la emisión frecuente de heces líquidas o pastosas, a menudo llamadas deposiciones, (2) motivado por de un aumento en la motilidad o un defecto en la reabsorción de agua a nivel del intestino. (3) Está asociado a diversas causas que deben determinarse a partir de otros síntomas, signos y/o estudios complementarios. En la definición encontramos (1) es la descripción de un síntoma principal, o $Foundation_{UFO}$, (2) un posible causante, que puede ser una descripción fisiopatológica o un síndrome y se representará como algún SO_{DOLCE} , con significado particular en el ámbito médico y (3) son PSC_{SS} , que representamos ontológicamente con PSC_{SS} .

Por otra parte, la enfermedad es un proceso, en la cual los síntomas se van expresando en mayor o menor medida y de acuerdo a la particularidad de cada caso a través de un $Chronoid_{GFO}$.

En la Tabla 4 se presentan, en la segunda columna, ES_{SS} (o $Qualities_{DOLCE}$ como categoría ontológica) provenientes del desarrollo de diferentes casos clínicos, junto a sus PSC_{SS} (o $Quale_{DOLCE,UFO}$ como categoría ontológica) en la tercera columna. El $Quale_{DOLCE,UFO}$ ND significa no determinado.

Tabla 4

Nº ES	ES_{SS} / $Qualities_{DOLCE}$	PSC_{SS} / $Quale_{DOLCE,UFO}$
1	Desde cuando	aguda crónica ND
2	Cuántas deposiciones diarias	pocas muchas ND
3	Color de las deposiciones	claro oscuro ND
4	Consistencia de las deposiciones	líquida pastosa ND
5	Cólicos	presentes no presentes ND
6	Restos de comida en las deposiciones	Con restos Sin restos ND
7	Tipo de restos de comida	carne, arroz, etc verdura ND
8	Deposiciones flotan	Flotan No Flotan ND
9	Sangre en las deposiciones	Con Sangre Sin Sangre ND
10	Color de tez	Tez Pálido Tez Normal ND
11	Signos de desnutrición (SDn)	Con SDn Sin SDn ND
12	Distensión abdominal (DA)	Con DA Sin DA ND
13	Dificultad Respiratoria (DR)	Con DR Sin DR ND
14	Edad	Recién Nacido Menor de 6 meses
15	Situación socioeconómica	Pobre mediana alta ND
16	Zona donde vive	Marginal no marginal ND
17	Agua que bebe	Canilla hervida previamente agua mineral ND
18	Análisis parasitológico	Positivo Negativo ND
19	Alimentación	lactante lecha mixta Extralácteos ND
21	Prueba de cambio de leche a s/ lactosa	Sin lactosa mejora sin lactosa igual
22	Test de Sudor	Test de sudor positivo Test de sudor negativo

La generación de esos $Qualities_{DOLCE}$ dependen, en general, de cada clínico y su relación con la problemática, no solo como especialista sino en su experiencia real. Ante un mismo caso, no todos generan el $Qualities_{DOLCE}$ nº 17, el que depende generalmente de haber generado los 15 y 16, y que además, en casos de que el $Quale_{DOLCE,UFO}$ sea “canilla” derive en la generación del $Qualities_{DOLCE}$ nº 18. En términos del proceso clínico cada una de estas modificaciones es un $Change_{GFO}$.

En la tabla 5, se muestra la generación de algunos $MentalObjects_{DOLCE}$ / $SocialObjects_{DOLCE}$, en la tercera columna, a partir de $ConceptualSpace_{UFO}$ (o sea, de estructuras semánticas generadas desde los $Quale_{DOLCE,UFO}$ que se detallan) que se muestran en la segunda columna. En la columna de $MentalObjects_{DOLCE}$ / $SocialObjects_{DOLCE}$, en

cursiva aparecen la *Posibilidad de* cuando el diagnóstico necesita ser corroborado, lo cual tiene pendiente determinar alguna representación adecuada.

Tabla 5

Nº		<i>ConceptualSpace</i> _{UFO}	<i>MentalObjects</i> _{DOLCE} / <i>SocialObjects</i> _{DOLCE}	Generación de nuevos ES _{SS} / <i>Qualities</i> _{DOLCE}
1	A	Desde cuando = crónica + Agua que bebe = Canilla + Zona donde vive = Marginal	<i>Posibilidad de</i> Parásitosis	<i>Análisis parasitológico</i>
2	A	Desde cuando = crónica + Edad = bebé menor de 6 meses + Alimentación = leche mixta	<i>Posibilidad de</i> Intolerancia a la lactosa	Prueba de cambio de leche
2	B	Prueba de cambio de leche a sin lactosa = sin lactosa mejora	Intolerancia a la lactose	
3		Desde cuando = crónica (+coincide con extralácteos)+ Alimentación = Extralácteos + Restos de comida=+Signos de desnutrición = Con signos de desnutrición + Color de tez = Tez pálido + Distensión abdominal = Con Distensión abdominal + Restos de comida en las deposiciones = Con restos + Deposiciones flotan = Flotan	<i>Posibilidad de</i> celíaco	Test de Sudor
4	A	Desde cuándo = crónica + (Otros resultados normales)	<i>Posibilidad de</i> DC inespecífica	
4	B	Desde cuándo = crónica + (Otros resultados normales) + Situación socioeconómica = (mediana alta)	<i>Posibilidad (> 4 años)</i> de DC inespecífica	

En ambas tablas ejemplificamos conceptos de la semántica estructural como categorías de ontologías fundacionales, lo que nos permite:

- Representar las abstracciones de los ejes semánticos.
- Representar las estructuras semánticas, generadas por los clínicos, como *ConceptualSpace*_{UFO}, y tratarla como un concepto en relación a otros del proceso clínico.
- Asociar los anteriores a conceptos de la base biomédica (representados mediante GALEN, SNOMED CT, etc.)

- Asociarlos a un proceso clínico, en el que eventualmente se podrían generar capas diferenciadas según puntos de vista distintos.

6 Conclusiones

Hemos las categorías de la semántica estructural que representan razonamiento clínico. Las hemos desarrollado como parte de un proceso, usando como herramientas ontologías fundacionales cuyo compromiso ontológico está orientado hacia lo cognitivo, y en tal sentido, nuestras abstracciones están contenidas en conceptos que están por encima del dominio en particular, de la misma manera en que la semántica estructural está desarrollada desde conceptos que están por encima del dominio al que se refiere. El uso ontologías fundacionales podría entonces, en adelante, permitir comparar entre distintos métodos cognitivos, bajo las mismas categorías ontológicas. Pero además podrán ser asociadas a sistemas de información que permitan la asociación semántica con esas categorías. Nuestro punto de partida fueron las entidades de DOLCE, y GFO por su particular desarrollo de las entidades que intervienen en los procesos.

Al proceso del pensamiento clínico lo diferenciamos del proceso “natural” de la enfermedad, externo al razonamiento. El proceso de pensamiento clínico es, en términos de GFO, una “historia” del proceso mismo de la enfermedad y que es conocido a través de las observaciones clínicas.

El modelo permite la representación de un entorno colectivo (aunque no hemos representado ni colaboración ni pensamientos diferenciados) donde muchos actores incluyen entidades a un mismo proceso.

Dentro de un mismo proceso, las categorías desarrolladas podrían permitir comparar las asociaciones, elecciones e hipótesis generados por diferentes clínicos. Temas que serán abordados en próximos trabajos, especialmente en función de ajustar el método para discriminar esas diferencias, teniendo esto implicancias en educación médica. Otro aspecto a desarrollar en trabajos futuros es el modelado de otras teorías del pensamiento clínico desde un enfoque ontológico que permita compararlas.

Referencias

1. Thomas R. Gruber. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2):199-220, 1993.
2. Mustafa Jarrar and Robert Meersman. Ontology Engineering – The DOGMA Approach. Book Chapter (Chapter 3). *Advances in Web Semantics I. Volume LNCS 4891*, Springer 2008.
3. Bioportal: <http://bioportal.bioontology.org/ontologies>
4. International Classification of Diseases. <http://www.who.int/classifications/icd/en/>
5. SNOMED CT. www.ihtsdo.org/snomed-ct/
6. Madelenine Lemieux, Georges Bordage. Propositional Versus Structural Semantic Analyses of Medical Diagnostic Thinking. *Cognitive Science* 16, 185-204 (1992)
7. Dolce, BFO [wonderweb.semanticweb.org/deliverables /documents/D18.pdf](http://wonderweb.semanticweb.org/deliverables/documents/D18.pdf) . Claudio Masolo, Stefano Borgo, Aldo Gangemi, Nicola Guarino, Alessandro Oltamari.
8. Heinrich Herre Onto-Med Report - Universitat Leipzig – General formal Ontology Part I: Basic Principles. July 2006
9. Ontological & Practical Issues in using a Description Logic to Represent Medical Concepts: Experience from GALEN, Alan Rector & Jeremy Rogers, December 2005, School of Computer Science, The University of Manchester Preprint Series, CSPP-35
10. HL7: <http://www.hl7.org>
11. OpenEHR: [http:// www.openehr.org](http://www.openehr.org)
12. CEN 13606: <http://www.en13606.org>
13. Clinical Knowledge Manager. Archetypes: <http://www.openehr.org/knowledge/>
14. Difference between archetypes and ontologies. <http://www.openehr.org/119-OE.html>
15. Scilia et al. Knowledge Representation Issues in Ontology-based Clinical Knowledge Management Systems. *Int. J. Technology Management* 2004
16. Cyc www.cyc.com/opencyc
17. Paul Thagard. *MIND, Introduction to Cognitive Science*, Second edition. The MIT Press. 2005
18. Stanford Encyclopedia of Philosophy. Term: Cognitive Science. First published Mon Sep 23, 1996; substantive revision Wed Jun 9, 2010. <http://plato.stanford.edu/entries/cognitive-science/>
19. A comparison of Upper Ontologies Viviana Mascardi, Valentina Cordi, Paolo Rosso , [citeseerx: doi 10.1.1.144.1792](https://doi.org/10.1.1.144.1792), cita tomada de wikipedia: upper ontologies
20. Basic Formal Ontology: <http://www.ifomis.org/bfo>
21. Guizzardi, G. ‘Ontological Foundations for Structural Conceptual Models’, PhD Thesis, University of Twente, The Netherlands, 2005.
22. Nicola Guarino, Christopher A. Welty: An Overview of OntoClean. *Handbook on Ontologies 2004*: 151-172
23. Norman G. Research in clinical reasoning: past history and current trends *Med Educ.* 2005 Apr;39(4):418-27.

Datos de Contacto

Pablo Solarz, Instituto de Bioelectrónica, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Tucumán, pablosolarz@gmail.com

*Alicia Díaz, LIFIA, Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata
alicia.diaz@lifa.info.unlp.edu.ar*