

Tipo de artículo: Artículo original

## Ontologías para la representación y análisis de información asociada a la enfermedad COVID -19: Revisión sistemática

### *Ontologies for the representation and analysis of information associated with disease COVID -19: Systematic review*

Yandielys Reyes Plano <sup>1\*</sup> , <https://orcid.org/0000-0001-6657-8997>

Nemury Silega Martínez <sup>2</sup> , <https://orcid.org/0000-0002-8436-5650>

Yurishel Vega Ortiz <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba. [yandie@uci.cu](mailto:yandie@uci.cu)

<sup>2</sup> Southern Federal University. Russia. [rogozov@sfedu.ru](mailto:rogozov@sfedu.ru).

<sup>3</sup> Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba. [yurishel@uci.cu](mailto:yurishel@uci.cu)

\* Autor para correspondencia: [yandie@uci.cu](mailto:yandie@uci.cu)

#### Resumen

La COVID-19 es una enfermedad causada por el virus SARS-COV2, la cual ha provocado la muerte de millones de personas en todo el mundo. La alta transmisibilidad es uno de los factores que dificulta considerablemente su contención. Por otra parte, las ontologías se han convertido en una tecnología ampliamente aceptada para la representación de conocimiento y su correspondiente análisis. En ese sentido, se han desarrollado varias ontologías asociadas a la COVID-19 como apoyo al control de la pandemia. Sin embargo, estos trabajos se encuentran dispersos en diferentes fuentes y publicaciones científicas. El objetivo del presente artículo se centra en realizar una revisión bibliográfica que agrupe y sistematice varias investigaciones científicas que utilizan el modelo ontológico para la representación y análisis de información relacionada con la COVID-19. Se realiza un proceso comparativo de las soluciones identificadas, atendiendo a diferentes criterios de interés, que permite resaltar características comunes, diferentes y tendencias en los procesos de construcción de ontologías para esta área del conocimiento.

**Palabras clave:** COVID-19; ontologías; OWL; Protégé.

#### Abstract

*COVID-19 is a disease caused by the SARS-COV2 virus, which has killed millions of people worldwide. The high transmissibility is one of the factors that makes it very difficult to contain. On the other hand, ontologies have become a widely accepted technology for knowledge representation and its corresponding analysis. In that sense, several ontologies associated with COVID-19 have been developed to support pandemic control. However, these works are scattered in different scientific sources and publications. The objective of this article focuses on conducting a literature review that groups and systematizes several scientific investigations that use the ontological model for the representation and analysis of information related to COVID-19. A comparative process of the identified solutions is carried out, according to different criteria of interest, which allows highlighting common and different characteristics and trends in the processes of ontology construction for this area of knowledge.*

**Keywords:** COVID-19; ontologies; OWL; Protégé.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**  
(CC BY 4.0)

**Recibido: 24/09/2022**  
**Aceptado: 27/11/2022**  
**En línea: 01/12/2022**

## Introducción

Los coronavirus son una familia de virus presentes en ciertos animales que al mutar se convierten en un agente infeccioso capaz de provocar enfermedades graves en los seres humanos, tales como el síndrome respiratorio agudo severo (SARS) y el síndrome respiratorio del oriente medio (MERS) en el medio oriente y recientemente en China el SARS-COV2 que provoca la COVID-19. La COVID-19 ha provocado la muerte de millones de personas en todo el mundo lo que ha determinado que la Organización Mundial de Salud, la haya decretado como una pandemia global. El SARS-COV-2 se transmite de persona a persona y provoca fundamentalmente afectaciones respiratorias que pueden llegar hasta la muerte de los infectados.

La alta transmisibilidad del virus y la existencia de pacientes asintomáticos, son factores que complejizan considerablemente la contención del virus. Por tales motivos, ha sido necesario un proceso de toma de decisiones rápido y oportuno, que ha llevado a los especialistas a apoyarse en herramientas informáticas.

En la búsqueda de enfoques para abordar este tema, la comunidad científica ha hecho un amplio uso de las ontologías en este dominio (Castañeda Martínez, 2019; Cruz Segura, 2018; Guerrero & Martínez, 2013). La representación de conocimiento mediante ontologías permite explotar la capacidad de razonamiento sobre estas. En primer lugar se puede validar la información y en segundo lugar se puede realizar análisis automatizado y llegar a inferir nuevo conocimiento.

En una revisión preliminar realizada se logra identificar un grupo de investigaciones que utilizan ontologías para contribuir al control de esta pandemia. Las ontologías destacan como una solución prometedora para cerrar esta brecha temporal, al proporcionar una representación formal de los conceptos de COVID-19. Un impedimento para estudiar estos temas y llegar, en gran medida, a la frontera del conocimiento, es la gran dispersión y ausencia de sistematicidad de estas investigaciones, dificultándose la identificación de los elementos comunes y su aparición cronológica. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo se centra en realizar una revisión bibliográfica que concentre y sistematice varios trabajos científicos que utilizan el modelo ontológico para la representación y análisis de información relacionada con la COVID-19.

Los resultados de este estudio pueden contribuir a identificar los principales dominios de aplicación, las principales herramientas y lenguajes utilizados, a crear nuevas ontologías para áreas no exploradas o en su defecto a reutilizar ontologías ya existentes.



## Materiales y métodos

Existen varias ontologías que se especializan en los elementos asociados a la enfermedad de la COVID-19. Se realizó una revisión bibliográfica donde se encontraron amplias contribuciones a esta área del conocimiento tanto en idioma español como en inglés. Importantes fueron los aportes en estos dos últimos años vividos, donde toda una nación fue azotada por la pandemia global de la COVID-19, lo que demuestra el gran interés de los investigadores sobre este tema. Por esto es útil realizar una evaluación, identificación e interpretación de las investigaciones más relevantes hasta la fecha.

Para este estudio se formularon varias preguntas o criterios para la revisión de las ontologías, se definieron las principales fuentes de búsqueda como: Google Scholar, IEEE Explorer ScienceDirect, Researchgate, Scopus, Springer y el portal de ontologías en línea <https://bioportal.bioontology.org/ontologías>. Luego se estudiaron las ontologías encontradas y se realizó un análisis comparativo teniendo en cuenta los criterios definidos. Es importante destacar que los artículos revisados permitieron obtener un total de 7 ontologías destinadas al trabajo con la COVID-19 en diferentes dominios como conceptos generales de la enfermedad, vacunas, medicamentos, síntomas, tratamientos y hasta insumos médicos destinado para su contención.

## Resultados y discusión

A lo largo de la historia, las pandemias han asolado a la humanidad con plagas e infecciones que han creado crisis humanitarias, cortaron los lazos sociales, obstaculizaron el crecimiento económico y causaron la pérdida de vidas humana (AP y Piontti et al., 2018). Con el brote más reciente de la pandemia de COVID-19, los estados, las comunidades y las personas se enfrentan a una situación similar. En el mismo contexto, los investigadores y profesionales de las comunidades de gestión del conocimiento se enfrentan al desafío de cómo se pueden explotar los sistemas basados en ontologías para hacer frente a la pandemia actual de COVID-19 (Babcock et al., 2020).

A pesar de encontrarse abundante bibliografía sobre la aplicación de este enfoque a las diferentes aristas de dicha pandemia, son muy escasos, los trabajos de revisión bibliográfica que sistematicen este conocimiento.

En esta revisión se pretende localizar trabajos centrados en el desarrollo de ontologías que aborden aspectos específicamente de la enfermedad COVID-19 y realicen contribuciones importantes en el área.

La Ontología COVID-19 desarrollada por Astghik Sargsyan y un colectivo de autores (Babcock et al., 2020), está destinada a capturar y representar la mayoría de las entidades y conceptos esenciales relevantes para el contexto de investigación de COVID-19. La misma sirve para dos propósitos principales:

- a) Como plantilla para definir el contexto en enfoques de minería de textos específicos de COVID-19.



- b) Como un sistema estructurado de conceptos y categorías que ayuda a poner orden en el espacio de conocimiento de COVID-19.

Partiendo de un mapa mental generado por una acción concertada de biólogos, farmacólogos y biólogos computacionales que trabajan en COVID-19, se identificaron aspectos importantes de virología, epidemiología, biología química y aspectos clínicos relevantes para la investigación.

La Ontología COVID-19 se construyó utilizando el editor de ontología Protégé. Se define sobre la base de directrices y principios definidos por la fundación Ontología Biológica y Biomédica Abierta (OBO, <http://www.obofoundry.org/>) y está alineada con la jerarquía de Ontologías Formales Básicas (BFO). Se aplica Ontofox (<http://ontofox.hegroup.org>) para reutilizar clases ya existentes de otras ontologías relevantes.

Para aumentar el recuerdo en las aplicaciones de minería de texto, se han agregado sinónimos para cada concepto. La Ontología COVID-19 se publica bajo una licencia Creative Commons 4.0 y se comparte a través de <https://github.com/covid-19-ontology/covid19>. La ontología también se deposita en BioPortal en <https://bioportal.bioontology.org/ontologías/COVID-19> y en el COVID-OLS en <https://olscovid.scaiview.com/ols/ontologies/covid19>.

La Ontología COVID-19 comprende 2270 términos, incluidos 2121 términos importados de ontologías existentes junto con 149 términos recién definidos. La ontología se centra en un amplio espectro de temas específicos de dominio que van desde la epidemiología (factores de riesgo, transmisión, etc.), pasando por aspectos clínicos (como signos y síntomas, diagnóstico, intervención médica) y aspectos de prevención y control, hasta ensayos clínicos, genética y procesos moleculares (tanto de humanos como de virus), y vías de señalización (Babcock et al., 2020).

La Ontología de Enfermedades Infecciosas (IDO por sus siglas en inglés)(Yu et al., 2011), publicada por primera vez en 2010(*cido*, 2020/2022), es un conjunto de módulos de ontologías interoperables que tienen como objetivo proporcionar cobertura de todos los aspectos del dominio de las enfermedades infecciosas. En su centro se encuentra IDO Core, una ontología neutral para enfermedades y patógenos que cubre solo aquellos tipos de entidades y relaciones que son relevantes para las enfermedades infecciosas en general. IDO Core se amplía con módulos ontológicos específicos de enfermedades y patógenos. Para ayudar a la integración y el análisis de los datos de COVID-19 y los datos de enfermedades infecciosas virales en general, recientemente se han desarrollado tres nuevas extensiones de IDO: IDO Virus (VIDO); la Ontología de Enfermedades Infecciosas por Coronavirus (CIDO); y una extensión de CIDO centrada en COVID-19 (IDO-COVID-19).

IDO proporciona una guía simple para construir nuevas ontologías específicas de patógenos de una manera que permite que los datos sobre nuevas enfermedades se comparen fácilmente, en múltiples dimensiones, con los datos



representados por las ontologías de enfermedades existentes. Además, la estrategia IDO respalda la coordinación de ontologías, proporcionando un poderoso método de integración e intercambio de datos que permite a los médicos, investigadores y organizaciones de salud pública responder rápida y eficientemente a las crisis de salud pública actuales y futuras.

La Ontología de Enfermedades Infecciosas por Coronavirus (VIDO) se desarrolló como un puente entre IDO Core y las ontologías de extensión que representan enfermedades específicas y patógenos causales específicos. Una extensión de importancia durante la pandemia es el CIDO recientemente implementado.

Desarrollado por Oliver He y su equipo, CIDO proporciona los recursos semánticos necesarios para representar el genoma del coronavirus, la vigilancia, la vacuna y los datos del huésped. CIDO se ha utilizado para anotar 136 medicamentos contra el coronavirus conocidos, (Cowell y Smith, 2010) identificar 110 medicamentos candidatos (Lusignan et al., 2020) para la reutilización de medicamentos contra el COVID-19 (Dutta y DeBellis, 2020) y proporciona información para los esfuerzos de aprendizaje automático (Liu et al., 2020) en la identificación de posibles vacunas contra el COVID-19. Varios miembros de los equipos de desarrollo de IDO y VIDO también son miembros del equipo de desarrollo de CIDO que trabajan para garantizar la alineación entre estas ontologías y el cumplimiento de los principios de OBO Foundry. Al igual que VIDO, CIDO importa términos de una amplia gama de ontologías, incluidas IDO Core, ChEBI (Lusignan et al., 2020), UBERON (Liu et al., 2020), GO, Vaccine Ontology (Sayers et al., 2019) y NCBITaxon. CIDO puede extenderse directamente de VIDO.

La Ontología de Enfermedades Infecciosas COVID-19 (IDO-COVID-19) se extiende desde CIDO y cubre COVID-19 y su causa SARS-CoV-2. IDO-COVID-19 reúne así ha IDO Core, VIDO y CIDO en el interés de la representación detallada de esta cepa de virus y enfermedades asociadas. El punto de partida de IDO-COVID-19 es la patogenia al COVID-19 causado por el SARS-CoV-2. La representación flexible de la patogenia de la COVID-19 es importante durante la pandemia actual, ya que los investigadores todavía están trabajando para entender cómo las infecciones por SARS-CoV-2 causan tal amplia gama de signos y síntomas en todos los grupos demográficos.

Dado que IDO Core está construido de acuerdo con los principios de la fundación OBO, esto significa que las ontologías IDO (IDO Core, VIDO, CIDO he IDO-COVID-19) son interoperables con otras ontologías de la fundación OBO. Todas se encuentran disponibles bajo licencias creative commons.

Con respecto a la herramienta de edición, IDO Core se actualizó utilizando la herramienta de desarrollo de ontologías Protégé (Liu et al., 2020), aprovechando la expresividad del Web Ontology Language (OWL).

La Ontología de Enfermedades Infecciosas por Coronavirus (CIDO; <https://github.com/CIDO-ontology/cido>) es una ontología basada en la comunidad en el dominio de las enfermedades por coronavirus con un enfoque específico en



COVID-19. Cuenta con más de 5.500 términos. En cuanto a la clasificación de fenotipos de COVID-19, CIDO ha importado las representaciones de HP de los fenotipos relacionados con COVID-19 y las comorbilidades. CIDO reutiliza HPO y se centra en la identificación de las relaciones causales entre fenotipos y coronavirus.

La Ontología de Aplicación para la Vigilancia de la COVID-19 fue desarrollada por Simón de Lusignan y un colectivo de autores. Su caso de uso fue una extensión del rol o papel que juega el Centro de Investigación y Vigilancia (RSC) del Real Colegio de Médicos Generales de Oxford (RCGP) para vigilar la pandemia actual y convertirse en una plataforma de investigación dentro de la pandemia.

Sus dominios de casos de uso incluyeron atención primaria, salud pública, virología, investigación clínica e informática clínica. Dicha ontología apoyó la identificación de casos, el muestreo microbiológico y los resultados de salud en una práctica individual y a nivel nacional.

Se quiso que el recurso fuera localizable, accesible, interoperable y reutilizable (FAIR), por lo que se utilizan herramientas estándar en su desarrollo, a saber, el Entorno de Desarrollo de Ontologías Protégé y Web Ontology Language (OWL) (Lusignan et al., 2020). El alcance de la ontología incluye:

- Detalles demográficos, incluidos la edad, el género, el origen étnico, las privaciones, la ruralidad y los identificadores claves de enlace;
- Registro de condiciones monitoreadas y características clínicas clave (es decir, síntomas y signos);
- Comorbilidades y factores de riesgo relevantes;
- Pruebas y resultados de pruebas (es decir, resultados de pruebas y específicos de COVID-19 que podrían implicar susceptibilidad o resiliencia);
- Medidas de resultado clave que incluyen hospitalización, oxigenoterapia, ingreso en cuidados intensivos y mortalidad.

La ontología es reconocible y accesible en el repositorio de ontologías de BioPortal. Esta ontología de aplicación, creada utilizando las mejores prácticas para definir y probar un caso de uso, es inherentemente interoperable y reutilizable.

La Ontología COviD-19 para Casos de Información del Paciente (CODO), desarrollada por Biswanath Dutta (Dutta y DeBellis, 2020), fue diseñada con el objetivo de:

- Servir como una ontología explícita para que la utilicen los proveedores de datos y servicios para publicar datos de COVID-19 utilizando los principios FAIR.
- Desarrollar servicios y aplicaciones distribuidos, heterogéneos y semánticos (por ejemplo, sistema de soporte de decisiones, análisis avanzado).



- Proporcionar un vocabulario reutilizable basado en estándares para el uso de varias organizaciones (p. ej., agencias gubernamentales, hospitales, investigadores académicos, editores de datos, agencias de noticias, etc.) para anotar y describir la información de COVID-19.

CODO es una ontología que representa datos de casos de COVID-19 en un formato basado únicamente en OWL y otros estándares W3C que pueden ser utilizados tanto por otras ontologías como por sistemas de software. Fue diseñado usando el editor de ontología Protégé.

Esta ontología, también proporciona seguimiento de pruebas clínicas, historial de viajes, recursos disponibles y necesidades reales (p. ej., cama de UCI, ventiladores invasivos), estudio de tendencias y proyecciones de crecimiento. CODO1.2 consta de 50 clases, 62 propiedades de objetos y 45 propiedades de datos, pero en la última versión CODO1.3 consta de 90 clases, 123 propiedades y 271 individuos.

Uno de los principales objetivos de diseño de CODO es poder servir como un vocabulario reutilizable para otros proyectos. Se conoce por los propios autores de la ontología que la misma ya posee un usuario del sitio de Bioportal, el Sistema de Detección de Riesgo Ping COVID-19.

La Ontología para Representar y Analizar la Información Asociada a las Cadenas de Contagio de la Enfermedad COVID -19 (OntCovid) (Silega Martinez et al., 2021) tiene como objetivo proporcionar los mecanismos para representar y analizar la información de los pacientes enfermos de COVID-19. Se hace énfasis en las cadenas de contagio para encontrar información que pueda ser de utilidad en los estudios que se desarrollan sobre la enfermedad. El análisis detallado de una cadena de contagios pudiera aportar elementos de utilidad tanto para los análisis virológicos como epidemiológicos. Por ejemplo, se podría verificar la presencia de ciertos síntomas en determinada cadena y compararlos con los síntomas de otra cadena de contagios. De existir diferencias se podrían analizar un grupo de causas que pudieran ser biológicas, sociales o ambientales. Por ejemplo, se podría tratar de cepas diferentes del virus.

El análisis de las cadenas de contagio también podría ayudar a constatar las modificaciones (si es que ocurren) que sufre el virus al ser transmitido, tanto por la incidencia del trasmisor como del ambiente en que transcurre. Además, se podrían efectuar análisis temporales, a partir de determinar el tiempo transcurrido entre el primer caso de la cadena y el último. Este análisis pudiera ser útil en la definición de estrategias con el propósito de reducir el contagio en la población, al estar incluido en este tiempo el periodo de transmisibilidad o más elevada virulencia en los infectados. Esta ontología reutiliza varios conceptos de diferentes ontologías. Se utiliza el repositorio Bioportal (<https://bioportal.bioontology.org/>) (consultado el 10 de septiembre de 2021) para buscar y analizar varias ontologías. De la Ontología Integrada de la Ciencia Semántica (<https://bioportal.bioontology.org/ontologies/SIO>) reutiliza la



clase *Medical\_Practitioner*, que es una subclase de la clase *Person*. Un *médico\_practicante* puede ser *médico* o *enfermero* según el rol. También adopta la clase *Role*, la clase *Medical\_Role* y las subclases de *Medical\_Role*. De la ontología Terminología Pediátrica (<https://bioportal.bioontology.org/ontologies/PEDTERM>), se adoptó la jerarquía de la clase *Child*. Esta ontología cuenta con 52 clases donde las clases *Person* y *Contagion\_Chain* son dos de las principales clases del modelo ontológico.

Para la construcción de la misma se utilizó la herramienta de desarrollo de ontologías Protégé, aprovechando la expresividad del Web Ontology Language (OWL) (Tadeo Guerrero Sosa et al., 2019)

## Discusión

A continuación se presenta un análisis comparativo de todas las ontologías analizadas en esta revisión bibliográfica, teniendo en cuenta diferentes criterios, los cuales se detallan a continuación:

- **Dominio:** se refiere al área del conocimiento a la que se refiere la información que se representa en la ontología.
- **Reutiliza otra(s) ontología(s):** se especifica si la ontología descrita hace uso de otras ontologías previas. Es usual que en la construcción de una ontología nueva se sigan directrices y principios definidos para que la misma sea interoperable y se pueda reutilizar, por lo tanto una ontología puede reutilizar lo definido por una anterior.
- **Herramienta:** se refiere al editor utilizado para la construcción de la ontología.
- **Lenguaje:** se refiere al lenguaje formal usado para codificar una ontología.
- **Clases:** se refiere al número de clases que posee la ontología.
- **Individuos:** cantidad de individuos que posee la ontología.

**Propiedades:** cantidad de propiedades que posee la ontología.

Ontología	Dominio	Reutilización	Herramienta	Lenguaje	Clases	Individuos	Propiedades
(Astghik et al., 2020)	Conceptos, entidades, Categorías de la Covid -19. Epidemiología, virología, Bioquímica, aspectos clínicos y minería de texto.	Sí	Protégé	OWL	2270	6	10
(IDO) (Babcock et al., 2020b)	Enfermedades infecciosas en general	Sí	Protégé	OWL	362	23	43





(VIDO) (Babcock et al., 2020b)	Enfermedades infecciosas en general. Se usa como puente entre IDO Core y ontologías de enfermedades y patógenos específicos.	Sí	Protégé	OWL	429	23	43
(CIDO) (He et al., 2021)	Representa el genoma del coronavirus, la vigilancia, vacunas, candidatos vacunales y los datos del huésped.	Sí	Protégé	OWL	11036	458	407
(IDO-COVID-19) (Babcock et al., 2020b)	Covid-19 y su causa SARS-COV2, trata la patogenia de la Covid-19	Sí	Protégé	OWL	486	23	43
Ontología de Aplicación para la Vigilancia de la COVID-19 (Lusignan et al., 2020)	Atención primaria, salud pública, virología, investigación clínica e informática clínica.	Sí	Protégé	OWL	32	0	0
(CODO) (Dutta y DeBellis, 2020)	Vocabulario reutilizable para anotar y describir información de la Covid-19, seguimiento de pruebas clínicas, historial de viaje, recursos disponibles y necesidades reales (camas, ventiladores pulmonares...)	Sí	Protégé	OWL	90	271	123



Como se puede apreciar, en esta área del conocimiento de la Medicina, específicamente en las enfermedades infecciosas, el modelo ontológico es ampliamente utilizado por la comunidad científica. Lo que sí queda demostrado es que no existe una convergencia en cuanto al dominio de aplicación, ya que es usado, de forma dispersa, en muchos de ellos, para la representación de información referente a los conceptos y terminologías asociados a la enfermedad, a las vacunas y candidatos vacunales, a los virus, a las enfermedades infecciosas en general, a las cadenas de contagios, a investigaciones clínicas e incluso a los recursos hospitalarios. Existen varias herramientas para la construcción de ontologías como: Protégé, WebODE y OntoEdit y varios lenguajes como: IDEF5, KIFMOF, Olog, OntoUML, Rule Interchange, FormatSemantic Application Design Language y OWL. Sin embargo, se puede observar que la tendencia es a usar Protegé y OWL, como herramienta y lenguaje de construcción respectivamente. Las ontologías, en esta área, son de diferentes tamaños, algunas sobrepasan los cientos, inclusive los miles de clases, mientras otras quedan por debajo de 100.

Otra de las tendencias en las ontologías referidas en este estudio es que pueden ser reutilizadas, ya que se encuentran desarrolladas sobre los principios de OBO. A su vez, ellas reutilizan otras ontologías anteriores, lo que facilita tener un nivel de avance a la hora de su construcción, al no tener que definir algunos aspectos ya existentes. También se identifica que las ontologías revisadas se encuentran publicadas en el portal (<https://bioportal.bioontology.org>) para su mayor visibilidad y reutilización por la comunidad científica.

En el estudio realizado se pudo identificar que hasta el momento solo una ontología se ha dedicado a la representación de las cadenas de contagio. Este se podría considerar como un hallazgo de relevancia debido a ya que es una dimensión para el estudio de la enfermedad que no ha sido explorado lo suficiente. El estudio de las cadenas de contagio puede contribuir a mejorar el análisis del comportamiento de la propagación de la enfermedad COVID-19. Incluso, pudiera ser ampliada para representar árboles de contagio y llegar a calcular el factor de reproducción de la enfermedad y otros indicadores epidemiológicos.

## Conclusiones

En este trabajo se han analizado un conjunto de ontologías destinadas al manejo de información sobre la enfermedad Covid-19. Para identificar las ontologías analizadas se ejecutó una búsqueda en <https://bioportal.bioontology.org>. Esta metodología permitió identificar las ontologías más relevantes en esta área. Para el análisis de las ontologías, se definieron un grupo de criterios basados en los aspectos esenciales de la enfermedad y de la ingeniería ontológica. El empleo de estos criterios permitió que se realizara un análisis objetivo y homogéneo de las ontologías. Los hallazgos documentados en este artículo pueden



utilizarse como base para realizar estudios más profundos. Por ejemplo, a partir de las ontologías analizadas se pudo identificar que hay aspectos de la enfermedad que han sido raramente abordados, tales como las cadenas de contagios, la relación ente síntomas de la enfermedad y las secuelas, entre otros. Como principal trabajo futuro, se plantea utilizar los principales resultados de esta revisión para desarrollar una versión actualizada de nuestra ontología.

## Conflictos de intereses

Los autores de la investigación no presentan conflicto de intereses.

## Contribución de los autores

1. Conceptualización: Yandielys Reyes Plano, Nemury Silega Martínez, Yurisbel Vega Ortiz.
2. Curación de datos: Yandielys Reyes Plano, Nemury Silega Martínez, Yurisbel Vega Ortiz
3. Análisis formal: Yandielys Reyes Plano, Nemury Silega Martínez, Yurisbel Vega Ortiz
4. Investigación: Yandielys Reyes Plano, Nemury Silega Martínez, Yurisbel Vega Ortiz
5. Metodología: Yandielys Reyes Plano, Nemury Silega Martínez, Yurisbel Vega Ortiz
6. Administración del proyecto: Yandielys Reyes Plano
7. Software: Yandielys Reyes Plano, Nemury Silega Martínez, Yurisbel Vega Ortiz
8. Supervisión: Yandielys Reyes Plano, Nemury Silega Martínez, Yurisbel Vega Ortiz
9. Validación: Yandielys Reyes Plano, Nemury Silega Martínez, Yurisbel Vega Ortiz
10. Visualización: Yandielys Reyes Plano, Nemury Silega Martínez, Yurisbel Vega Ortiz
11. Redacción – borrador original: Yandielys Reyes Plano, Nemury Silega Martínez, Yurisbel Vega Ortiz
12. Redacción – revisión y edición: Yandielys Reyes Plano, Nemury Silega Martínez, Yurisbel Vega Ortiz

## Financiamiento

La investigación fue financiada por los autores.

## Referencias

AP y Piontti, N., P., L., R., & Vespignani, A. (2018). Trazando la próxima pandemia: Modelando la propagación de enfermedades infecciosas en la era de la ciencia de datos. *Springer*.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

- Astghik, S., Alpha, T. K., & Johannes, D. (2020). *The COVID-19 Ontology*. <https://doi.org/10.1093>
- Babcock, S., Beverley, J., Cowell, L. G., & Smith, B. (2020a). *The Infectious Disease Ontology in the Age of COVID-19* [Preprint]. Open Science Framework. <https://doi.org/10.31219/osf.io/az6u5>
- Babcock, S., Beverley, J., Cowell, L. G., & Smith, B. (2020b). *The Infectious Disease Ontology in the Age of COVID-19* [Preprint]. Open Science Framework. <https://doi.org/10.31219/osf.io/az6u5>
- Cido. (2022). [Jupyter Notebook]. CIDO-ontology. <https://github.com/CIDO-ontology/cido> (Original work published 2020)
- Cowell, L. G., & Smith, B. (2010). Infectious Disease Ontology. En V. Sintchenko (Ed.), *Infectious Disease Informatics* (pp. 373-395). Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1327-2\\_19](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1327-2_19)
- Dutta, B., & DeBellis, M. (2020). CODO: An Ontology for Collection and Analysis of Covid-19 Data: *Proceedings of the 12th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management*, 76-85. <https://doi.org/10.5220/0010112500760085>
- He, Y., Yu, H., Ong, E., Wang, Y., Liu, Y., Huffman, A., Huang, H., John, B., Lin, A. Y., D, D. W., Arabandi, S., Xie, J., Hur, J., Yang, X., Chen, L., Omenn, G. S., Athey, B., & Smith, B. (2021). CIDO: The Community-Based Coronavirus Infectious Disease Ontology. En *Proceedings of the 11th International Conference on Biomedical Ontologies (ICBO) and 10th Workshop on Ontologies and Data in Life Sciences (ODLS)*.
- Liu, Y., Chan, W. K. B., Wang, Z., Hur, J., Xie, J., Yu, H., & He, Y. (2020). *Ontological and Bioinformatic Analysis of Anti-Coronavirus Drugs and Their Implication for Drug Repurposing against COVID-19*. <https://doi.org/10.20944/preprints202003.0413.v1>
- Lusignan, S., Liyanage, H., McGagh, D., Jani, B. D., Bauwens, J., Byford, R., Evans, D., Fahey, T., Greenhalgh, T., Jones, N., Mair, F. S., Okusi, C., Parimalanathan, V., Pell, J. P., Sherlock, J., Tamburis, O., Tripathy, M., Ferreira, F., Williams, J., & Hobbs, F. D. R. (2020). COVID-19 Surveillance in a Primary Care Sentinel Network: In-Pandemic Development of an Application Ontology. *JMIR Public Health and Surveillance*, 6(4), e21434. <https://doi.org/10.2196/21434>
- Sayers, S., Li, L., Ong, E., Deng, S., Fu, G., Lin, Y., Yang, B., Zhang, S., Fa, Z., Zhao, B., Xiang, Z., Li, Y., Zhao, X.-M., Olszewski, M. A., Chen, L., & He, Y. (2019). Victors: A web-based knowledge base of virulence factors in human and animal pathogens. *Nucleic Acids Research*, 47(D1), D693-D700. <https://doi.org/10.1093/nar/gky999>
- Silega Martinez, N., Varen Caballero, E., & Varén Alvarez, A. (2021). Descripción y análisis de las cadenas de contagio de COVID-19 a partir de las ontologías. *1 septiembre 2021*, 32(3).



- Tadeo Guerrero Sosa, J. D., Menéndez Domínguez, V. H., Castellanos Bolaños, M. E., & Gómez Montalvo, J. R. (2019). Use of an Ontological Model to Assess the Relevance of Scientific Production. *IEEE Latin America Transactions*, 17(19335465), 1424-1431. <https://doi.org/10.1109/TLA.2019.8931135>
- Yu, L., Zuoshuang, X., & Yongqun, H. (2011, octubre 31). *Brucellosis Ontology (IDOBRO) as an extension of the Infectious Disease Ontology* | *Journal of Biomedical Semantics* | Full Text. <https://jbiomedsem.biomedcentral.com/articles/10.1186/2041-1480-2-9>

