

Tipo de artículo: Artículo original

Optimización de recuperación de la información clínica en el Centro de Inmunología Molecular

Optimization of retrieval of clinical information at the Molecular Immunology Center

Jorge Luis Palomino Hernández ^{1*} , <https://orcid.org/0000-0001-7527-8478>

Arasay Montes D'Santis ² , <https://orcid.org/0000-0002-0206-410X>

Patricia Lorenzo-Luaces Álvarez ³ , <https://orcid.org/0000-0001-9164-0238>

Lisandra Bravo Iisástigui ⁴ , <https://orcid.org/0000-0002-8209-4121>

¹ Centro de Inmunología Molecular, Calle 15 esq. 216 S/N, Siboney, Playa, La Habana, Cuba. Correo electrónico: jorge@cim.sld.cu

² Centro de Inmunología Molecular, Calle 15 esq. 216 S/N, Siboney, Playa, La Habana, Cuba. Correo electrónico: arasay@cim.sld.cu

³ Centro de Inmunología Molecular, Calle 15 esq. 216 S/N, Siboney, Playa, La Habana, Cuba. Correo electrónico: patricial@cim.sld.cu

⁴ Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría, CUJAE, calle 114 No. 11901, e/ Ciclovía y Rotonda, Marianao, Cuba. Correo electrónico: lbravo@ceis.cujae.edu.cu

* Autor para correspondencia: jorge@cim.sld.cu

Resumen

El análisis de información es de vital importancia para una adecuada toma de decisiones que ayude a mejorar el desarrollo de las investigaciones clínicas del Centro de Inmunología Molecular. Hasta ahora, las consultas para obtener esta información son realizadas por personal calificado, el cual debe repetirlas en diferentes momentos sobre los datos disponibles. Los resultados de estas consultas generalmente se comunican individualmente a la persona que los solicitó. Esto provoca que sea común que se realicen las mismas operaciones, o muy parecidas para distintas analistas y es necesario que estén disponibles para todos los interesados siempre que se necesite. En este trabajo se evaluó el uso de la herramienta de inteligencia de negocio Metabase para optimizar la recuperación de información sobre los datos clínicos, de forma tal que se puedan reutilizar las consultas y queden sus resultados disponibles a los interesados. Se desplegó Metabase en una infraestructura centralizada, de manera que pudiera ser utilizada por varios especialistas, con el fin de evaluar sus funcionalidades. Para validar la herramienta se seleccionaron varias fuentes de datos, se realizaron diversas consultas a los datos de estas fuentes, evaluándose las distintas funcionalidades que provee Metabase y se crearon varios cuadros de mandos, mostrando información importante para la toma de decisiones. Se concluye que el uso de esta herramienta promueve una mayor eficiencia de los análisis requeridos por los usuarios y la comunicación efectiva de los resultados.

Palabras clave: inteligencia de negocio; análisis de datos; investigaciones clínicas; ensayos clínicos

Abstract

The analysis of information is of vital importance for adequate decision-making that helps improve the development of clinical research at the Molecular Immunology Center. Until now, the queries to obtain this information are carried out by qualified personnel, who must repeat them at different times on the available data. The results of these queries are generally communicated individually to the person who requested them, and they need to be available to all concerned whenever they are



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

needed. In this work, the use of the Metabase business intelligence tool was evaluated to optimize the retrieval of information on clinical data, in such a way that the queries can be reused and their results remain available to the interested parties. Metabase was deployed in a centralized infrastructure, so that it could be used by several specialists, in order to evaluate its functionalities. To validate the tool, several data sources were selected, various queries were made to the data from these sources, evaluating the different functionalities provided by Metabase, and several dashboards were created, showing important information for decision making. It is concluded that the use of this tool promotes a greater efficiency of the analyzes required by the users and the effective communication of the results.

Keywords: *business intelligence; data analysis; clinical research; clinical trials*

Recibido: 18/08/2023

Aceptado: 22/10/2023

En línea: 01/11/2023

Introducción

Las instituciones dedicadas a la investigación clínica a nivel mundial, manejan una gran cantidad de información (Mehta, Pandit, 2018). Esta información, en su gran mayoría corresponde a los datos generados como resultado de las investigaciones clínicas realizadas (Murphy, Ferris, O'Donnell, 2007; El Emam et al., 2009).

Una investigación clínica, es una investigación en la que se estudian personas, datos o muestras de tejido para comprender la salud y la enfermedad (National Cancer Institute, 2011). Las investigaciones clínicas se pueden definir en experimentales y no experimentales. En los estudios experimentales se evalúa la eficacia y seguridad de un determinado producto o tratamiento, aplicándolo sobre un grupo de sujetos (Calva-Mercado, 2000), mientras que en los estudios no experimentales se recogen datos sobre los pacientes sin someterlos a una intervención (Araujo, 2011).

El uso de herramientas de inteligencia de negocio puede ser beneficioso para mejorar la eficiencia del proceso de investigación clínica, lo que permitiría una demostración más rápida de la eficacia de los tratamientos y su uso para mejorar la calidad de vida de las personas (Singh, Kumar, 2022; Borlikova et al., 2018).

La inteligencia de negocio es un proceso impulsado por la tecnología para analizar datos y brindar información procesable que ayuda a tomar decisiones informadas. Como parte de este proceso, las organizaciones recopilan datos de diversas fuentes internas y externas, los preparan para el análisis, ejecutan consultas contra los datos y crean visualizaciones, tableros e informes para que los resultados analíticos estén disponibles para los usuarios interesados (Stedman, Burns, 2023; Bonney, 2013; Wieder, Ossimitz, 2015).

El Centro de Inmunología Molecular (CIM) (CIM, 2018), es una institución biotecnológica dedicada a la investigación básica, desarrollo y fabricación de productos a partir del cultivo de células de mamíferos. Los proyectos desarrollados en el centro, están centrados en la inmunoterapia del cáncer, especialmente en el desarrollo de "vacunas moleculares", ingeniería de anticuerpos, ingeniería celular, bioinformática y regulación de la respuesta inmune, en la



búsqueda de nuevos productos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades relacionadas con el sistema inmunológico (Alvarez Cardona, 2019). Como apoyo para la toma de decisiones relacionadas con la mejora del desarrollo de las investigaciones clínicas, los directivos y otros interesados solicitan al departamento de gestión de datos de la Dirección de Investigaciones Clínicas (DIC) información relacionada a diversos aspectos. Entre éstos se encuentran las investigaciones realizadas, los pacientes incluidos en las mismas, los tiempos de conducción de estas investigaciones y los productos evaluados. Estas informaciones son analizadas por los directivos de manera periódica, por lo que los análisis requeridos para obtenerlas deben ser realizados en repetidas ocasiones por los especialistas del departamento de gestión de datos.

Los resultados de estos análisis generalmente se comunican individualmente a la persona que los solicitó en el momento dado, y es necesario que estén disponibles para su consulta por todas las partes interesadas en cualquier momento. En la actualidad, la DIC no cuenta con un mecanismo lo suficientemente genérico, que permita realizar y comunicar de forma centralizada los resultados de los análisis, y que favorezca la reutilización de los mismos.

En el presente trabajo se evalúa el uso de la herramienta de inteligencia de negocio Metabase para optimizar los procesos de recuperación de información sobre los datos clínicos presentes en el CIM.

Materiales y métodos

La investigación realizada se llevó a cabo mediante la aplicación de un caso de estudio, lo que permitió una evaluación cualitativa del uso de Metabase. Como parte de dicho caso de estudio, se definieron primeramente un conjunto de requisitos funcionales con los que debía cumplir la herramienta:

- Permitir ejecutar consultas sobre múltiples fuentes de datos
- Permitir a diferentes usuarios trabajar en consultas y reutilizarlas en un ambiente colaborativo
- Proveer de mecanismos para el control de acceso de los usuarios según su rol y nivel de privilegio
- Asistir a usuarios no experimentados en la creación de las consultas y los cuadros de mando
- Permitir exponer los resultados en cuadros de mando, que queden visibles a las personas interesadas en consultar la información
- Permitir un fácil despliegue y actualización
- Tener una versión libre de costo y de código abierto

Seguidamente, se realizó un estudio de las características y funcionalidades de la herramienta en función de estos requisitos, para posteriormente evaluar de manera práctica dichas funcionalidades.



Metabase es una herramienta de inteligencia empresarial de código abierto que permite consultar múltiples fuentes de datos, entre las que se pueden mencionar PostgreSQL, Oracle, MySQL, SQLServer, MongoDB, Snowflake, Apache Presto, entre otras. La herramienta provee un mecanismo para la construcción asistida de consultas y un editor nativo de SQL. El mecanismo de construcción visual de consultas está dirigido a usuarios no expertos en el lenguaje SQL, permitiendo realizar de manera gráfica la mayoría de las funciones que provee dicho lenguaje, como la unión de tablas, agregaciones y filtros. El editor de SQL permite realizar consultas SQL sobre los datos, facilitando esta tarea, su mecanismo de completamiento de código (Metabase, 2022a; Santos, 2019).

Las consultas realizadas por un usuario pueden quedar disponibles para su reutilización por otros usuarios y ser añadidas a uno o varios cuadros de mando. Metabase permite la gestión de los usuarios que lo utilizan y sus permisos sobre las preguntas, cuadros de mandos creados y fuentes de datos (Jovanoska, Petrevska Nechkoska, Manceski, 2021). La herramienta provee distintos mecanismos para la reutilización de consultas. Entre estos mecanismos se pueden citar las Métricas, siendo éstos valores precalculados; los Segmentos, que son filtros predefinidos, que ayudan a reutilizar elementos comunes entre distintas consultas; los Fragmentos SQL, que son pequeños pedazos reutilizables de SQL o consultas nativas, disponibles para todos los usuarios y los Parámetros de SQL, que permiten obtener diferentes resultados usando la misma consulta con diferentes valores de filtro.

Metabase permite un fácil despliegue, pudiendo instalarse mediante un ejecutable de Java o una imagen de Docker, y dispone de una versión gratuita y de código abierto (Metabase, 2022a). Esta herramienta se puede utilizar para realizar un seguimiento de la eficiencia frente a los objetivos estratégicos de una empresa, facilitando y acelerando así el proceso de toma de decisiones de la misma (Jovanoska, Petrevska Nechkoska, Manceski, 2021).

Metabase está considerada como una herramienta de inteligencia de negocio de auto servicio (Holistics, 2022; Metabase, 2023; Adnan Rahic, 2022). Esta es una modalidad de la inteligencia de negocio que permite y promueve que todos los tipos de usuarios puedan interactuar con los datos y realizar preguntas a los mismos. Esto tiene como ventaja que libera a los usuarios especializados en la gestión y análisis de datos de las operaciones de consultas de datos triviales, pudiéndose enfocar en otras tareas más especializadas (Alpar, Schulz, 2016). Los distintos mecanismos que provee Metabase garantizan estas ventajas, útiles para la optimización de la recuperación de información y análisis de datos. Por las características antes mencionadas esta herramienta pudiera ser utilizada como punto de acceso a los datos en una solución centralizada de gestión e integración de datos. Además de la exploración, análisis y visualización de los datos almacenados, la herramienta ofrece otras funcionalidades valiosas, como la gestión de metadatos y mecanismos para la autenticación de usuarios y control de acceso a los datos y análisis creados (Metabase, 2023b; Metabase, 2023c).



Resultados y discusión

Para evaluar en la práctica si Metabase puede ser utilizado para optimizar la búsqueda de información clínica y la difusión de los resultados, se instaló la herramienta en un servidor con sistema operativo Ubuntu Server 22.04. Se desplegó adicionalmente el servidor de base de datos PostgreSQL. Este servidor tiene las funciones de almacenar los datos de las distintas fuentes de datos seleccionadas y de almacenar la base de datos de aplicación de Metabase. Esta base de datos de aplicación contiene todos los datos generados por la herramienta, como los datos de los usuarios, las consultas y cuadros de mandos creados, entre otros. El almacenamiento de estos datos en un servidor de base de datos externo a la herramienta evita la pérdida de los datos en caso de un fallo de funcionamiento y posibilita la actualización periódica de la misma a medida que van apareciendo nuevas versiones (Metabase, 2022b).

Como fuente de datos principal se seleccionó el registro de los pacientes incluidos en las distintas investigaciones clínicas realizadas en el CIM. A partir de esta fuente de datos se puede obtener información importante para la conducción de los estudios, como por ejemplo la cantidad de pacientes incluidos por investigación, por provincia y sitio clínico del país, la cantidad de investigaciones clínicas realizadas, los productos utilizados en las investigaciones y la cantidad de pacientes beneficiados con los mismos. Para identificar los pacientes que se encuentran en esta base de datos, se utiliza su código de inclusión en las investigaciones, dado que es un requisito indispensable para el desarrollo de las investigaciones clínicas la anonimización del paciente. Adicionalmente, se utilizaron los datos de la incidencia de cáncer en Cuba presente en el Anuario Estadístico de Salud Cubano del año 2020 (Ministerio de Salud Pública de Cuba, 2020) y la incidencia de Covid-19 en Cuba, presente en el registro Our World in Data (Edouard Mathieu et al., 2020), con el propósito de incluir esta información en los análisis realizados.

Luego de conectada la herramienta a los esquemas de bases de datos que contienen los datos seleccionados, se crearon los usuarios que realizarían las consultas. Para ello, utilizando un usuario administrador, el cual se crea en el momento de despliegue de la herramienta se crearon los usuarios y se les asignó una contraseña temporal. Esta contraseña se deberá cambiar la primera vez que los usuarios se autenticuen en la aplicación.

Una vez concluido el proceso de instalación, se evaluaron las distintas funcionalidades provistas por Metabase, según los requisitos seleccionados, para ello, los gestores de datos realizaron diversas consultas sobre los datos. Las consultas realizadas tuvieron como objetivo fundamental reflejar el estado de varios indicadores claves sobre las investigaciones clínicas, los pacientes incluidos y los productos desarrollados. Sobre las investigaciones clínicas se consultó la cantidad total de investigaciones realizadas y la cantidad de investigaciones realizadas por año. También se quiso conocer el tiempo que ha demorado cada investigación clínica en incluir los pacientes y el tiempo promedio de inclusión del centro. Como en el centro se han realizado investigaciones para diversas enfermedades, se realizó una



consulta para obtener las investigaciones realizadas por enfermedad, siendo el cáncer y el Covid dos de las enfermedades más representativas.

Relativo a la inclusión de los pacientes se realizaron consultas para conocer la cantidad histórica de pacientes incluidos en investigaciones clínicas, la cantidad de pacientes incluidos por año, por región del país, por provincia y por sitio de investigación. También se consultó la cantidad de pacientes incluidos por otras variables como rangos etarios, sexo y raza. Sobre los productos evaluados en las distintas investigaciones clínicas realizadas se consultó la cantidad total de estos productos, sus nombres, y la cantidad de investigaciones realizadas y pacientes incluidos en cada una de ellas para cada producto.

Los indicadores antes mencionados tienen gran importancia para la toma de decisiones sobre el desarrollo de las investigaciones clínicas. Por ejemplo, la cantidad de investigaciones clínicas realizadas por año permite comparar cómo se comporta el centro en este sentido respecto años anteriores. El tiempo de inclusión de las investigaciones permite conocer cuáles investigaciones tienen atraso en la inclusión de pacientes, mientras que la cantidad de pacientes incluidos por sitio de investigación permite identificar los sitios que están incluyendo pocos pacientes. Con esta información se pueden tomar acciones para tratar de incrementar la inclusión de pacientes, proceso de vital importancia para el desarrollo exitoso de las investigaciones.

Si bien la mayoría de estas consultas no son de una alta complejidad, requiere tiempo realizarlas sin los mecanismos adecuados, sobre todo si hay que realizarlas periódicamente. A partir de estas consultas pueden surgir otras de mayor complejidad, como la cantidad de pacientes incluidos por año en cada uno de los sitios de investigación en las distintas investigaciones realizadas para un producto determinado, o la comparativa en distintos períodos de tiempo de la cantidad de investigaciones realizadas por enfermedad y los pacientes incluidos en cada una de ellas.

Para la construcción de las consultas se utilizó indistintamente el mecanismo de construcción visual de consultas y el editor SQL nativo. Estas funcionalidades facilitaron la realización de las consultas a los especialistas, pudiendo seleccionar cada especialista el mecanismo más conveniente, según la consulta a realizar y de su nivel de conocimiento. El completamiento de código que provee el editor SQL nativo permitió ahorrar tiempo al escribir las consultas y gracias a la posibilidad de guardar las consultas creadas, pudieron ser compartidas y reutilizadas entre los especialistas.

Como ejemplo de la construcción de consultas, en la Figura 1 se puede observar una sección de una consulta realizada utilizando el mecanismo de construcción visual de consultas en la cual se unieron los datos del Registro de Inclusión de Pacientes y de la incidencia de cáncer en nuestro país, con el objetivo de obtener la relación de la cantidad de pacientes incluidos por provincias, respecto a la incidencia de cáncer.





Figura 1. Construcción de consulta usando el mecanismo de construcción visual de consultas

Con el objetivo de evaluar las funcionalidades provistas por la herramienta para propiciar la reutilización de las consultas, los especialistas construyeron varios segmentos, entre los que se pueden citar los segmentos para ensayos realizados relativos al cáncer y al Covid. Estos segmentos permitieron a los distintos usuarios, en el momento de realizar las consultas filtrar de forma rápida los ensayos relacionados a estas enfermedades, evitando que se tengan que realizar estos filtros repetidamente y homogeneizando la definición de selección de estos ensayos. En la Figura 2 se muestran algunos de los segmentos creados.

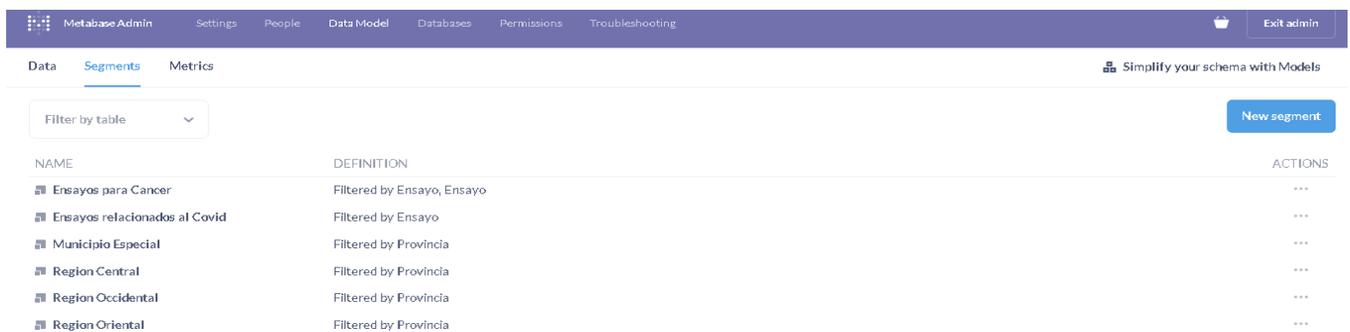


Figura 2. Segmentos creados en Metabase

En algunas de las consultas SQL creadas se utilizó la funcionalidad de parametrización de consultas. Esta funcionalidad posibilitó obtener distintos resultados para una misma consulta SQL escrita, en dependencia del valor especificado en el filtro. De esta manera, como se observa en la Figura 3 pudo obtenerse la cantidad de pacientes incluidos para cualquiera de los sitios clínicos registrados según el sitio clínico especificado, en este caso el CIMEQ.



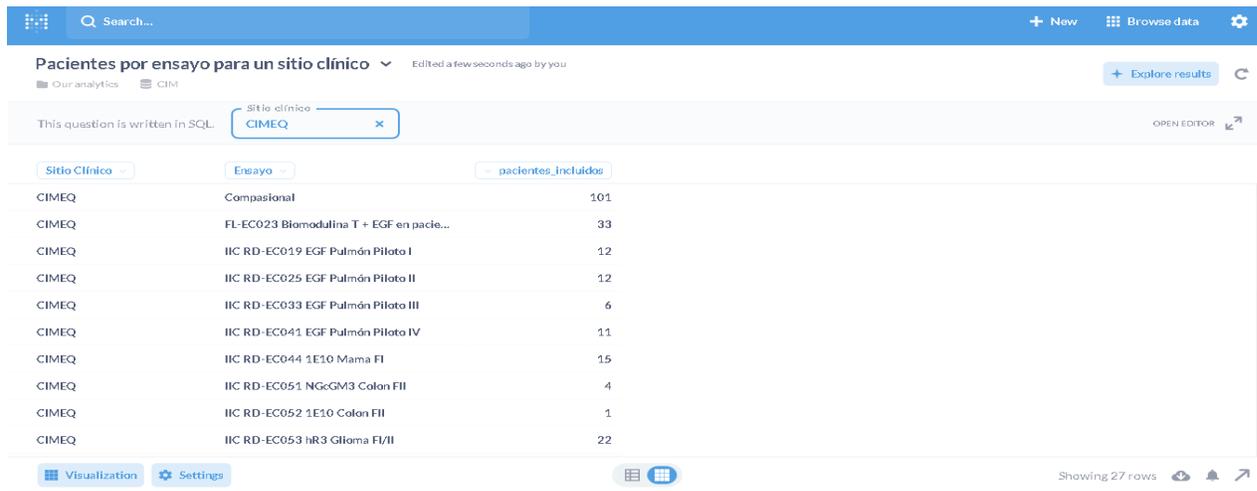


Figura 3. Consulta SQL con parametrización

Luego de generadas las consultas por los especialistas de gestión de datos de manera colaborativa, utilizando para ello las distintas funcionalidades provistas por la herramienta, se definieron tres cuadros de mando. El primero de estos cuadros de mando brinda información sobre los indicadores seleccionados relativos a los pacientes incluidos, el segundo a las investigaciones realizadas y el tercero a los productos evaluados en las investigaciones.

En la Figura 4 se muestra una vista parcial del cuadro de mando construido para mostrar información relativa a los pacientes incluidos.



Figura 4. Cuadro de mando creado sobre los pacientes incluidos en investigaciones clínicas en el CIM



Los cuadros de mando creados permitieron difundir la información solicitada por los directivos, quedando ésta disponible para su consulta en cualquier momento por todo el personal con acceso a Metabase. Estos cuadros de mando pueden ser actualizados en cualquier momento por los usuarios de la herramienta, los que pueden añadirle nuevos gráficos. Esta precisamente constituye una de las principales ventajas de la herramienta, la versatilidad que presenta para realizar nuevos análisis de forma colaborativa y construir nuevos gráficos a demanda.

Adicionalmente, Metabase permite a los usuarios interactuar con los gráficos que contienen los cuadros de mando, pudiéndose realizar análisis más profundos, analizar los datos por otras categorías o generar nuevas preguntas a partir de su interacción con dichos gráficos. Esto ayuda a los directivos y usuarios no especializados a realizar nuevos descubrimientos en los datos potenciando la independencia y una mejor toma de decisiones.

Conclusiones

Metabase provee un conjunto de funcionalidades que facilitan la recuperación de información clínica, entre las que se encuentran el constructor visual de consultas y el editor nativo de SQL. Estas características permiten que distintos tipos de usuarios puedan recuperar información según su nivel de conocimiento, lo que ayuda a usuarios no especializados a extraer información útil de los datos de forma sencilla. Metabase puede ser utilizado para fomentar un entorno de inteligencia de negocio de autoservicio, empoderando a los usuarios no especializados en las tecnologías de información para que realicen análisis sencillos a los datos según sus necesidades. Esto posibilita a los gestores y analistas de datos de la organización realizar otros tipos de análisis y tareas requeridas.

La herramienta promueve una mayor eficiencia en los análisis requeridos, gracias a los distintos mecanismos que apoyan la reutilización de consultas, eliminando la necesidad de realizar la misma consulta en diferentes momentos.

Adicionalmente, propicia una comunicación más efectiva de los resultados, lograda mediante la utilización de los cuadros de mando, quedando los resultados de una consulta o análisis disponible para todos los interesados. El uso de esta y otras herramientas de inteligencia de negocio puede ayudar a lograr una mayor eficiencia en el análisis y recuperación de información sobre datos de investigaciones clínicas y entornos similares. Por sus características, Metabase pudiera ser evaluada como una de las principales herramientas dentro de una solución de gestión, integración y análisis de datos clínicos, donde, además de utilizarse en la recuperación de información y exploración de datos a integrar, puede servir para la gestión de metadatos y el control de acceso.



Conflictos de intereses

Los autores no poseen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

1. Conceptualización: Jorge Luis Palomino Hernández, Arasay Montes D'Santis, Patricia Lorenzo-Luaces Álvarez, Lisandra Bravo Ilisástigui.
2. Curación de datos: Jorge Luis Palomino Hernández, Arasay Montes D'Santis
3. Análisis formal: Jorge Luis Palomino Hernández, Arasay Montes D'Santis
4. Investigación: Jorge Luis Palomino Hernández, Arasay Montes D'Santis
5. Metodología: Patricia Lorenzo-Luaces Álvarez, Lisandra Bravo Ilisástigui
6. Administración del proyecto: Patricia Lorenzo-Luaces Álvarez
7. Software: Jorge Luis Palomino Hernández, Arasay Montes D'Santis
8. Supervisión: Patricia Lorenzo-Luaces Álvarez, Lisandra Bravo Ilisástigui
9. Validación: Jorge Luis Palomino Hernández, Arasay Montes D'Santis
10. Visualización: Jorge Luis Palomino Hernández
11. Redacción – borrador original: Jorge Luis Palomino Hernández, Arasay Montes D'Santis
12. Redacción – revisión y edición: Jorge Luis Palomino Hernández, Arasay Montes D'Santis, Patricia Lorenzo-Luaces Álvarez, Lisandra Bravo Ilisástigui.

Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento externa.

Referencias

- ADNAN RAHIC, 2022. Self-service analytics with Metabase and Cube. *Cube Blog*. Online. 27 October 2022. [Accessed 25 April 2023]. Retrieved from: <https://cube.dev/blog/self-service-analytics-with-metabase-and-cube>
- ALPAR, Paul and SCHULZ, Michael, 2016. Self-Service Business Intelligence. *Business & Information Systems Engineering*. 1 April 2016. Vol. 58, no. 2, pp. 151–155. DOI 10.1007/s12599-016-0424-6.



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

- ALVAREZ CARDONA, Mabel, 2019. *Impacto de la implantación del Cuaderno de Recogida de Datos electrónico XAVIA Clínicas*. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. Maestría en Biotecnología Contemporánea
- ARAUJO, Miguel, 2011. Categorías generales de estudios clínicos. *Medwave*. Online. 2 January 2011. Vol. 11, no. 02. [Accessed 24 May 2022]. DOI 10.5867/medwave.2011.02.4875.
- BONNEY, Wilfred, 2013. Applicability of Business Intelligence in Electronic Health Record. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 27 February 2013. Vol. 73, pp. 257–262. DOI 10.1016/j.sbspro.2013.02.050.
- BORLIKOVA, Gilyana, SMITH, Louis, PHILLIPS, Michael and O'NEILL, Michael, 2018. Business Analytics and Grammatical Evolution for the Prediction of Patient Recruitment in Multicentre Clinical Trials. In: RYAN, Conor, O'NEILL, Michael and COLLINS, JJ (eds.), *Handbook of Grammatical Evolution*. Online. Cham: Springer International Publishing. pp. 461–486. [Accessed 25 April 2023]. ISBN 978-3-319-78717-6.
- CALVA-MERCADO, Juan José, 2000. Estudios clínicos experimentales. *Salud Pública de México*. August 2000. Vol. 42, pp. 349–358. DOI 10.1590/S0036-36342000000400010.
- CIM, 2018. Center for Molecular Immunology - CIM. Online. 2018. [Accessed 11 April 2023]. Retrieved from: <https://www.cim.cu>
- EDOUARD MATHIEU, HANNAH RITCHIE, LUCAS RODÉS-GUIRAO, CAMERON APPEL, CHARLIE GIATTINO, JOE HASELL, BOBBIE MACDONALD, SALONI DATTANI, DIANA BELTEKIAN, ESTEBAN ORTIZ-OSPINA, and MAX ROSER, 2020. Coronavirus Pandemic (COVID-19). *Our World in Data*. Online. 2020. [Accessed 11 April 2023]. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/coronavirus>
- EL EMAM, Khaled, JONKER, Elizabeth, SAMPSON, Margaret, KRLEŽA-JERIĆ, Karmela and NEISA, Angelica, 2009. The Use of Electronic Data Capture Tools in Clinical Trials: Web-Survey of 259 Canadian Trials. *Journal of Medical Internet Research*. 9 March 2009. Vol. 11, no. 1, pp. e8. DOI 10.2196/jmir.1120.
- HOLISTICS, 2022. Top 5 Self-Service Reporting Tools: An In-depth Review. *The Holistics Blog*. Online. 31 August 2022. [Accessed 25 April 2023]. Retrieved from: <https://www.holistics.io/blog/top-self-service-reporting-tools/>
- JOVANOSKA, Dijana, PETREVSKA NECHKOSKA, Renata and MANCESKI, Gjorgji, 2021. Metabase cockpits as a base for BI in Strategic management. *International Scientific Conference Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management, University of Novi Sad, 103-110*. 2021. pp. 103–110.



- MEHTA, Nishita and PANDIT, Anil, 2018. Concurrence of big data analytics and healthcare: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*. June 2018. Vol. 114, pp. 57–65. DOI 10.1016/j.ijmedinf.2018.03.013.
- METABASE, 2022a. Getting started. *Metabase / Business Intelligence, Dashboards, and Data Visualization*. Online. 2022. [Accessed 14 July 2022]. Retrieved from: <https://www.metabase.com/docs/latest/>
- METABASE, 2022b. Configuring the Metabase application database. Online. 2022. [Accessed 11 April 2023]. Retrieved from: <https://www.metabase.com/docs/latest/installation-and-operation/configuring-application-database>
- METABASE, 2023a. Self Service Business Analytics | Metabase. Online. 2023. [Accessed 25 April 2023]. Retrieved from: <https://www.metabase.com/product/business-analytics>
- METABASE, 2023b. Metadata editing. Online. 2023. [Accessed 27 April 2023]. Retrieved from: <https://www.metabase.com/docs/latest/data-modeling/metadata-editing>
- METABASE, 2023c. Permissions introduction. Online. 2023. [Accessed 27 April 2023]. Retrieved from: <https://www.metabase.com/docs/latest/permissions/introduction>
- MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DE CUBA, 2020. *Anuario Estadístico de Salud 2020*. Online. 2020. [Accessed 11 April 2023]. Retrieved from: <https://temas.sld.cu/estadisticassalud/2021/08/11/anuario-estadistico-de-salud-2020>
- MURPHY, Elizabeth C., FERRIS, Frederick L. and O'DONNELL, William R., 2007. An Electronic Medical Records System for Clinical Research and the EMR–EDC Interface. *Investigative ophthalmology & visual science*. October 2007. Vol. 48, no. 10, pp. 4383–4389. DOI 10.1167/iops.07-0345.
- NATIONAL CANCER INSTITUTE, 2011. Definition of clinical research - NCI Dictionary of Cancer Terms - NCI. Online. 2 February 2011. [Accessed 23 May 2022]. Retrieved from: <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/clinical-researchnciglobal.ncienterprise>
- SANTOS, Bruno, 2019. Open Source Business Intelligence Tools: Metabase and Redash. *KDIR 2019 - 11th International Conference on Knowledge Discovery and Information Retrieval*. 2019. pp. 467–474.
- SINGH, Garima and KUMAR, Yugal, 2022. *Applications of Data Analytics in Clinical Trial Site Feasibility and Optimization*. Online. Jaypee University of Information Technology, Solan, HP. [Accessed 25 April 2023].



Retrieved

from:

<http://ir.juit.ac.in:8080/jspui/bitstream/123456789/3562/1/Applications%20of%20Data%20Analytics%20in%20Clinical%20Trial%20Site%20Feasibility%20and%20Optimization.pdf>

STEDMAN, Craig and BURNS, Ed, 2023. What is Business Intelligence (BI)? | Definition from TechTarget. *Business Analytics*. Online. 2023. [Accessed 25 April 2023]. Retrieved from: <https://www.techtarget.com/searchbusinessanalytics/definition/business-intelligence-BI>

WIEDER, Bernhard and OSSIMITZ, Maria-Luise, 2015. The Impact of Business Intelligence on the Quality of Decision Making – A Mediation Model. *Procedia Computer Science*. 1 January 2015. Vol. 64, pp. 1163–1171. DOI 10.1016/j.procs.2015.08.599.

