

APLICACIONES DE LA CIENCIA ABIERTA EN LA INVESTIGACIÓN DE LA COVID-19

Open Science Applications in COVID-19 Research

Eduardo Adiel Landrove-Escalona¹  

¹Universidad de Ciencias Médicas de Las Tunas. Facultad de Ciencias Médicas "Dr. Zoilo Enrique Marinello Vidaurreta", Las Tunas, Cuba.



Citar Como: Landrove-Escalona EA. Aplicaciones de la ciencia abierta en la investigación de la COVID-19. SPIMED [Internet]. 2022 [citado: fecha de acceso];3(1):e96. Disponible en: <http://revspimed.sld.cu/index.php/spimed/article/view/96>



Correspondencia a:
Eduardo Adiel LandroveEscalona
Correo Electrónico:
eduarditolandrove2001@gmail.
com

Conflicto de Intereses:
Los autores declaran que no existe
conflicto de intereses.

Recibido: 13-02-2022
Aceptado: 11-02-2023
Publicado: 04-03-2023

Palabras Clave: Acceso a la Informa-
ción; Infecciones por Coronavirus;
Investigación Biomédica; Techno-
logía de la Información; Publicaciones
Científicas y Técnicas; Visualización
de Datos.

Keywords: Access to Information;
Coronavirus Infections; Biomedical
Research; Information Technology;
Scientific and Technical Publica-
tions; Science and Technology In-
formation Networks; Data Visuali-
zation.

RESUMEN

Introducción: El mundo de la investigación médica respondió a la pandemia de la COVID-19 a una gran velocidad, por lo que se han generado disímiles iniciativas para promover el acceso a publicaciones y datos en abierto.

Objetivo: Describir las aplicaciones de la ciencia abierta en la investigación de la COVID-19.

Métodos: Se realizó una revisión bibliográfica en el periodo de julio de 2021. Se utilizaron los recursos disponibles en Elsevier, PubMed, Ebsco, Scopus y se visitaron varios portales y páginas web. De 82 bibliografías y páginas encontradas mediante los descriptores en ciencias de la salud, se tomaron para citar 28 referencias bibliográficas que cumplieron los criterios de selección. Se empleó el método analítico-sintético.

Resultados: La ciencia abierta se respalda en el acceso libre y sin restricciones a la información, reconociendo el acceso abierto a los códigos, a los datos, a las publicaciones. Para el estudio de la COVID-19, se generan y comparten datos: estructuras de proteínas, fragmentos, se han creado iniciativas para identificar y rastrear rápidamente los compuestos candidatos para su uso clínico.

Conclusiones: La creación de una serie de recursos como el Banco de datos de Proteínas, el Portal Cubano Infecciones por coronavirus; el Portal de proteína Urki y la plataforma de visualización de datos Nextstrain; además organizaciones de alto prestigio como El Instituto de Investigación del Cáncer y El Centro Nacional de Avances para la Ciencia Traslacional ha promovido la investigación de la COVID-19.

ABSTRACT

Introduction: The medical research world responded to the COVID-19 pandemic at high speed, and a variety of initiatives have been generated to promote access to open data and publications.

Objective: To describe the applications of open science in COVID-19 research.

Methods: A literature review was conducted in July 2021. Resources available in Elsevier, PubMed, Ebsco, Scopus were used and many portals and web pages were visited. Out of 82 bibliographic references found using the descriptors in Medical Sciences, 28 were selected for citation. These fulfilled the selection criteria. Synthetic-analytical method was used.

Results: Open science is based on free and unrestricted access to information. For the COVID-19 study, data are generated and shared, target protein structures, fragment impacts, and initiatives have been created to quickly identify and track candidate compounds for clinical use. It is even believed that the long drug approval process is something that can be slowed down.

Conclusions: A series of resources have been created to promote COVID-19 research. Examples of this are initiatives such as the Protein Data Bank, the Cuban Portal Coronavirus Infections; the Urki Protein Portal and the Nextstrain data visualization platform; in addition, prestigious organizations such as the Cancer Research Institute and the National Center for Advances in translational science have also collaborated; creating resource centers and open source research projects.

INTRODUCCIÓN

El síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 (SARS-CoV-2) causa la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19). El actual brote de esta enfermedad fue notificado por vez primera en Wuhan, China el 31 de diciembre del 2019 aunque anteriormente ya se habían identificado casos pero se desconocía el agente causal. La COVID-19 se ha convertido en una preocupación mundial porque se propaga fácil y rápidamente a través del contacto cercano.⁽¹⁾

Las partículas del SARS-CoV-2 son esféricas y tienen proteínas llamadas espigas que sobresalen de su superficie. Estas espigas se adhieren a las células humanas, luego sufren un cambio estructural que permite que la membrana viral se fusione con la membrana celular. Los coronavirus causan muchos trastornos, incluyendo enfermedades respiratorias, entéricas, hepáticas y neurológicas.⁽²⁾

El principal mecanismo de transmisión es a través de pequeñas gotas que expulsa el sistema respiratorio que contienen partículas de virus infecciosos. Los síntomas se presentan después del período de incubación; de 2 a 14 días después de la exposición al virus. Las personas infectadas con COVID-19 pueden tener síntomas desde leves a graves. Los síntomas leves comunes son tos seca, fiebre y fatiga. En casos graves, los pacientes experimentan síndrome de dificultad respiratoria aguda, shock séptico o muerte.⁽²⁾

Los datos oficiales de la Organización mundial de la Salud del 18 de agosto del 2021 notifican en el mundo 210 059 768 de casos acumulados confirmados con COVID-19 incluyendo 4 404 266 defunciones desde el inicio de la pandemia. Particularmente en Cuba en el año 2020 se reportaron 12 056 casos,⁽³⁾ sin embargo se observó un incremento de los casos en el año 2021 ya que se reportaron 542 191 nuevos casos y 4 319 fallecidos acumulados hasta el 18 de agosto del 2021.⁽²⁾

La ciencia abierta trata de garantizar el acceso abierto tanto a los procesos como a los resultados de la actividad científica mediante la reutilización, la redistribución y la reproducción de las investigaciones. Esto contiene la libre disponibilidad de aquellas herramientas o instrumentos de trabajo utilizados para la producción científica, desde la recogida de la información y el análisis de los datos hasta la obtención de los resultados.⁽⁴⁾

La ciencia abierta no se restringe a proveer el libre acceso a publicaciones científicas y datos de investigación, su propósito involucra el desarrollo de aspectos más amplios y complejos que favorezcan a la producción de un conocimiento científico abierto y colaborativo que responda a los retos de la sociedad actual.⁽⁴⁾

Es un proceso colaborativo y abierto con la sociedad y para la sociedad, que trae consigo la posibilidad de que otros contribuyan y formen parte del proceso científico que se establece alrededor de una publicación científica, lo que se traduce en un conjunto de acciones para lograr transparencia y accesibilidad.⁽⁴⁾

La ciencia abierta en la investigación biomédica ha ganado un mayor impulso en la última década desde proyectos de cribado (por ejemplo, CO-ADD6) y el intercambio de muestras físicas (por ejemplo, SGC probes7, MMV Boxes8) hasta el descubrimiento de fármacos (por ejemplo, Open Source Malaria9, MycetOS10) y campañas de desarrollo (por ejemplo, M4K Pharma11).⁽⁵⁾

No cambia el motivo ni los objetivos de la investigación, sino el cómo hacer ciencia y difundirla. La Editorial de Ciencias Médicas (ECIMED) en Cuba promueve las prácticas orientadas a la adopción de la ciencia abierta por lo que los contenidos de todas las revistas científicas se encuentren en acceso abierto.⁽⁴⁾

La crisis ocasionada por el agente infeccioso SARS-CoV-2 ha generado disímiles iniciativas para promover el acceso a publicaciones y datos en abierto, implementándose de forma colaborativa y desde distintos lugares del mundo, siendo un ejemplo de los beneficios de la ciencia abierta por lo que el presente artículo de revisión tiene como objetivo describir las aplicaciones de la ciencia abierta en la investigación de la COVID-19.

MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica en el mes de julio de 2021. La evaluación incluyó artículos de revistas internacionales. La búsqueda se llevó a cabo en las bases de datos MEDLINE, SciELO, PubMed, Elsevier y páginas web y portales.

La consulta se realizó bajo los términos (según los Descriptores de Ciencias de la Salud, DeCS) de "COVID-19", "Ciencia", "Investigación Biomédica", "Infecciones por Coronavirus" y "Visualización de Datos" para idioma español y para idioma inglés se emplearon "COVID-19", "Science", "Biomedical Research", "Coronavirus Infections" y "Data Visualization".

Para su utilización, las publicaciones encontradas se sometieron a los criterios de inclusión de la revisión (pertinencia con la temática del estudio, que describieran las aplicaciones de la ciencia abierta en la investigación de la COVID-19).

Cumpliendo con la característica de ser novedosos, haber sido publicados entre 2017-2021 y ser artículos de revisión, originales, presentaciones de casos, tesis. Se excluyeron aquellos publicados previos al año 2017, que no abordaran las aplicaciones de la ciencia abierta en la investigación de la COVID-19.

DESARROLLO

La ciencia abierta (CA) se respalda en el acceso libre y sin restricciones a la información (open Access), reconociendo el acceso abierto a los códigos (open code), a los datos (open data), a las publicaciones (open papers), así como un proceso de evaluación abierta (open peer review). Esta iniciativa permite mejor velocidad de posicionamiento y difusión de la ciencia, y además permite evaluar la fiabilidad de los estudios y detectar conflictos de intereses.⁽⁴⁾

Acceso abierto

Un ejemplo de acceso abierto es el servidor de preimpresión, como bioRxiv y medRxiv Si bien este es un recurso valioso, los artículos son informes preliminares y aún no han sido revisados por pares: el objetivo principal de los preprints es permitir a los investigadores difundir rápidamente sus resultados antes de su publicación oficial.^(6,7)

Se observa que este aumento en los estudios relacionados con la COVID ha llevado a los servidores de preimpresión como bioRxiv a implementar un control de calidad más estricto de los artículos enviados, lo que ha dado lugar a que ya no se acepten documentos puramente computacionales.⁽⁶⁾

A diferencia de los servidores de preimpresión, las revistas de acceso abierto publican artículos revisados por pares que están disponibles gratuitamente para que cualquiera los vea sin pago. Algunos ejemplos de revistas de acceso abierto que presentan colecciones de COVID-19 incluyen la Biblioteca Pública de revistas Científicas (por ejemplo, PLoS One, PLoS Medicine, etc.), Comunicaciones sobre la Naturaleza e Investigación Abierta Wellcome.

Otras revistas que no son de acceso totalmente abierto, como JAMA y BMJ, han hecho sus colecciones COVID gratuitas.^(8, 9, 10, 11, 12, 13)

El papel de las revistas biomédicas cubanas estudiantiles, se evidencia en el estudio bibliométrico de Vitón-Castillo y colaboradores donde encontró 22 artículos publicados referentes a investigaciones sobre el SAR-CoV-2, predominó la tipología de carta al editor y se notificó un total de 53 autores.⁽¹⁴⁾

Datos abiertos

La Fuente Luz Diamond es una instalación de sincrotrón ubicada en el Reino Unido que se utiliza para una gama de áreas científicas, incluida la investigación de estructuras y propiedades de proteínas. Durante la pandemia de coronavirus, los científicos del diamante han utilizado sus instalaciones para generar datos sobre objetivos y fragmentos de proteínas, todos los cuales se han puesto a disposición del público.⁽¹⁵⁾

Al resolver una estructura de alta resolución de la proteasa principal del SARS-CoV-2, fue posible realizar una pantalla de múltiples bibliotecas de fragmentos para identificar los resultados más prometedores para el descubrimiento de fármacos basados en fragmentos.⁽¹⁵⁾

El Banco de Datos de Proteínas (PDB) es una base de datos abierta que contiene los datos estructurales 3D de proteínas y ácidos nucleicos depositados por investigadores de todo el mundo. Esta base de datos es un recurso importante para la investigación científica y muchos servidores. Las revistas científicas ahora requieren que los autores envíen sus datos estructurales al PDB. El PDB está manteniendo una colección de una amplia gama de estructuras del SARS-CoV-2, incluyendo la proteasa principal y la proteína/receptores.⁽¹⁶⁾

El Centro Nacional de Avances para la ciencia traslacional (NCATS) ha centrado sus esfuerzos en la reutilización de medicamentos para la COVID-19 mediante la generación de conjuntos de datos creados a partir de la detección de ensayos relacionados con el SARS-CoV-2 contra medicamentos aprobados por la FDA y agentes antiinfecciosos. Múltiples colecciones de compuestos se están examinando activamente en ocho ensayos (con más en desarrollo) que se centran en varias etapas del ciclo de vida del SARS-Cov-2 tanto en blancos humanos como virales. Los resultados de la prueba, así como todos los protocolos de ensayo, se han puesto a disposición en línea.⁽¹⁷⁾

El Instituto de Investigación del Cáncer (ICR) ha desarrollado una herramienta llamada canSAR, que es una base de conocimientos que recopila datos multidisciplinarios y aplica enfoques de aprendizaje automático para proporcionar predicciones útiles para el descubrimiento de medicamentos contra el cáncer. El ICR ha reutilizado esta herramienta para los actuales esfuerzos de investigación contra el coronavirus, permitiendo a las personas buscar libremente información, incluido el tratamiento farmacológico, los ensayos clínicos en curso y completados, y las listas de compuestos activos, sondas y dianas en investigación.⁽¹⁸⁾

Se han creado varias plataformas con el propósito de agregar y seleccionar datos disponibles de forma abierta que se han generado durante la investigación de la COVID-19. La Comisión Europea trabaja con una serie de socios, incluido el EMBL - EBI, para crear una plataforma que agregue datos que van desde datos de secuenciación y expresión hasta estructuras proteicas, objetivos farmacológicos y compuestos.⁽¹⁹⁾

El conjunto de datos CORD-19 es una gran base de datos legible por máquina destinada a facilitar el aprendizaje automático y

los enfoques de minería de datos para la investigación de la COVID-19. El Centro de Estructura Molecular y Terapéutica de la COVID-19 mantiene un repositorio de archivos de entrada y scripts de análisis para estudios de simulación molecular y dinámica relacionados con la COVID-19.⁽²⁰⁾

En Cuba se reestructurará el portal gratuito Infomed y se crea el Portal Infecciones por coronavirus donde se brinda información de la situación epidemiológica sobre la COVID-19; obtenida de fuentes oficiales autorizadas dirigida principalmente a los profesionales y técnicos de la salud pero sin excluir información adecuada para la población de forma general.⁽²⁾

En este portal también se brindan en su interfaz aplicaciones de teléfonos inteligentes de forma gratuita tales como "PsiConSalud", "COVID19 CUBADATA", "COVID-19InfoCU" así como el "Pesquisador virtual" de forma en línea², todas estas herramientas en disposición de promover la información más actualizada posible así como apoyo a los profesionales de la salud y el público en general.

Código abierto

PostEra COVID Moonshot es una startup con ánimo de lucro especializada en la integración del diseño molecular con la síntesis química y como resultado de la pandemia de coronavirus, y a partir de los datos producidos por la Fuente de Luz Diamond, PostEra ha colaborado con instituciones académicas y la industria de todo el mundo, adoptando principios de ciencia abierta, para diseñar nuevos inhibidores de la proteasa principal del SARS-CoV-2.⁽²¹⁾

A través de ella se identificarán los compuestos más atractivos mediante algoritmos de aprendizaje automático, sintetizados por una empresa de síntesis por contrato y evaluados en ensayos de inhibición (fluorescencia y espectrometría de masas RapidFire) contra la proteasa principal del SARS-CoV-2 en laboratorios de todo el mundo.⁽²¹⁾ Este esfuerzo de colaboración global permite a cualquiera sugerir nuevos inhibidores basados en los impactos iniciales de la proteína S.

La Medicines for Malaria Venture (MMV) es una organización sin ánimo de lucro que reúne a los sectores público y privado para el descubrimiento y desarrollo de nuevos medicamentos antipalúdicos. Anteriormente, MMV ha creado y distribuido gratuitamente colecciones de compuestos candidatos prometedores en placas de pozos a investigadores de todo el mundo para permitir un punto de partida más eficiente para nuevos medicamentos.⁽²²⁾

MMV ha creado y puesto a disposición a petición, la COVID Box, que contiene 80 compuestos de fármacos marcados y compuestos en desarrollo que poseen actividad conocida o prevista contra el SARS-CoV-2. Una estipulación de este proyecto de investigación abierta es que los datos resultantes generados por los investigadores que utilizan la COVID Box deben compartirse en el dominio público dentro de los 2 años posteriores a su generación.⁽²²⁾

El Portal de Proteínas COVID-19 es una iniciativa con sede en el Reino Unido liderada por Wellcome y UKRI, que proporciona reactivos de proteínas relacionadas con el SARS-CoV-2 para que los científicos del Reino Unido los utilicen, sin cargo. Estos incluyen proteínas virales, proteínas humanas y anticuerpos, todos los cuales se pueden buscar en su base de datos en línea.⁽²³⁾ Todos los resultados generados por el uso de estos reactivos se pondrán a disposición del público.

Nextstrain es una plataforma de visualización de datos interactiva de código abierto que proporciona "seguimiento en tiempo real de la evolución de patógenos" a través del análisis de datos de secuenciación. Las herramientas utilizadas para lograrlo están disponibles para su uso y modificación, y ya se han utilizado para

rastrear la evolución de una serie de patógenos, incluidos la gripe estacional, el virus del Zika y el virus del Nilo Occidental.⁽²⁴⁾ En respuesta a la pandemia actual, Nextstrain mantiene un árbol filogenético del SARS-CoV-2 basado en el análisis de los datos de secuenciación aportados.

Folding@home (F@H) es un proyecto de computación distribuida que involucra a múltiples laboratorios de investigación y científicos ciudadanos de todo el mundo que se centra en la simulación de la dinámica de las proteínas. F@H proporciona software que permite a los usuarios donar potencia de cálculo no utilizada para el análisis computacional de plegado de proteínas.⁽²⁵⁾

Hasta ahora, los proyectos de F@H sobre la COVID-19 se han centrado en simular las interacciones entre la proteína pico del SARS-CoV-2 y el receptor ACE2 humano al que se une. Todos los archivos de entrada están disponibles a través de GitHub, que también es donde los resultados de la investigación se harán disponibles abiertamente.⁽²⁶⁾

El programa de Descubrimiento de fármacos de Código Abierto COVID-19 (OSC19) utiliza la informática y la bioquímica para permitir la detección rápida de moléculas de fármacos existentes para su uso contra la COVID-19. Se alienta a participar a científicos de diversos campos, incluidos químicos sintéticos para hacer candidatos a medicamentos, bioquímicos y virólogos para realizar ensayos y donantes y voluntarios para ayudar en la publicidad y la recaudación de fondos.⁽²⁷⁾ Como un proyecto de código abierto, todos los resultados de la investigación estarán disponibles gratuitamente sin reclamos de propiedad intelectual para cualquier descubrimiento realizado. La Red de Datos sobre Brotes de Virus (VODAN) está trabajando para garantizar que los datos relacionados con el brote de COVID sean localizables, accesibles, interoperables y reutilizables.⁽²⁸⁾

A criterios del autor las ventajas de la ciencia abierta son bien

conocidas y frecuentemente descritas (por ejemplo, reducción de la duplicación de esfuerzos, comunicación más rápida de resultados importantes) sin embargo, compiten con la necesidad de secreto para muchos investigadores, derivada de la necesidad de propiedad intelectual protegida o de una ventaja competitiva percibida. Estas motivaciones para mantener el secreto parecen disminuir, en tiempos de crisis, y el aumento de la prevalencia de iniciativas abiertas relacionadas con la investigación de la COVID-19 ha sido sorprendente.

CONCLUSIONES

La creación de una serie de recursos como el Banco de datos de Proteínas, el Portal Cubano Infecciones por coronavirus; el Portal de proteína Urki y la plataforma de visualización de datos Nextstrain; además organizaciones de alto prestigio como El Instituto de Investigación del Cáncer y El Centro Nacional de Avances para la Ciencia Traslacional ha promovido la investigación de la COVID-19.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

EAL: conceptualización e ideas; investigación; curación de datos; validación; análisis formal; visualización; metodología; supervisión; administración del proyecto; redacción del borrador original; redacción revisión y edición.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Harrison AG, Lin T, Wang P. Mechanisms of SARS-CoV-2 Transmission and Pathogenesis. Trends Immunol [Internet]. 2020 [cited 2021 Jun 8];41(12):1100-1115. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7556779/pdf/main.pdf>
- Cuba. Infomed. Infecciones por coronavirus COVID-19 [Internet]. La Habana: Infomed; 2020. [citado 8 Jun 2021]. Disponible en: <https://temas.sld.cu/coronavirus/COVID-19/>
- Cuba. Minsap. Anuario Estadístico de Salud 2020 [Internet]. La Habana: Minsap; 2021. [citado 28 Jun 2021]. Disponible en: <https://salud.msp.gob.cu/wp-content/Anuario/Anuario-2020.pdf>
- Vitón-Castillo AA, García-Espinosa E, Arencibia-Paredes NM. Bases para la implementación de la ciencia abierta. Rev Inf Cient [Internet]. 2020 [citado 28 Jun 2021];99(2):168-177. Disponible en: <https://revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/2890/4643>
- Morgan MR, Roberts OG, Edwards AM. Ideation and implementation of an open science drug discovery business model. M4K Pharma [Internet]. Wellcome Open Res [Internet]. 2018 [cited 2021 Jun 28];6:3:154. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6346698/>
- Sever R, Roeder T, Hindle S, Sussman L, Black K-J, Argentine J, Manos W, Inglis JR. The preprint server for biology [Internet]. [cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/833400v1>
- medRxiv.org - the preprint server for Health Sciences [Internet]. [cited 28 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.medrxiv.org/>
- Plos.org [Internet]. Great Britain: COVID-19 Research Alerts; 2020. [cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://plos.org/COVID-19/>
- Nature.com [Internet]. United Kingdom: SARS-CoV-2 articles from across Nature Portfolio. [published 2021 Mar 12; cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://www.nature.com/subjects/sars-cov-2>
- Wellcomeopenresearch.org [Internet]. China: Coronavirus (COVID-19). [published 2020 Jul; cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://wellcomeopenresearch.org/collections/covid19>
- Jamanetwork.com [Internet]. New York: Coronavirus (COVID-19). Check here for the latest on COVID-19 diagnosis and treatment. [published 2020 Jul; cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://jamanetwork.com/collections/46099/coronavirus-covid19>
- Coronavirus (covid-19) Hub - Latest News & Research [Internet]. [cited 28 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.bmj.com/coronavirus>
- Torres-Salinas D, Robinson-García N, Castillo-Valdivieso PA. Open Access and Altmetrics in the pandemic age: Forecast analysis on COVID-19 literature. bioRxiv [Internet]. 2020. [cited 2021 Jun 28] Available from: <https://pesquisa.bvsalud.org/global-literature-on-novel-coronavirus-2019-ncov/resource/pt/ppbiorxiv-057307>
- Vitón-Castillo AA, González-Vázquez LA, Benítez-Rojas LC, Lazo-Herrera LA Producción científica sobre COVID-19 en revistas estudiantiles cubanas. Rev Cuba Inf Cienc Salud [Internet]. 2020 [citado 28 Jun 21];31(4). Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ics/v31n4/2307-2113-ics-31-04-e1647.pdf>
- Diamond.ac [Internet]. United Kingdom: Main protease structure and XChem fragment screen. [published 2020 Mayo 5; cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://www.diamond.ac.uk/covid-19/for-scientists/Main-protease-structure-and-XChem.html>
- Rcsb.org [Internet]. United Kingdom: COVID-19/SARS-CoV-2 Resources [Internet]. [published 2020 Feb; cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://www.rcsb.org/news/feature/5e74d55d2d410731e9944f52>
- NIH.gov [Internet]. Washington: OpenData COVID-199. [published 2020 Feb; cited 28 Jun 2021]. Available from: <https://opendata.ncats.nih.gov/covid19/>
- The Institute for Cancer Research [Internet]. United Kingdom: SARS-CoV-2. Icr.ac.uk [published cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://corona.cansar.icr.ac.uk>
- Molssi.org [Internet]. United States: COVID-19 Molecular Structure and Therapeutics Hub. [published 2020 Feb; cited 28 Jun 2021]. Available from: <https://covid.molssi.org/>
- Wang LL, Lo K, Chandrasekhar Y, Reas R, Yang J, Burdick D, et al. COVID-19: The COVID-19 Open Research Dataset. ArXiv [Preprint] [Internet]. [published 2020 Apr 22; cited 2021 Jun 8]. Available from: <https://www.kaggle.com/allen-institute-for-ai/CORD-19-research-challenge>
- COVID-19 [Internet]. Boston: COVID-19 Postera AI. [published 2021 Dic 21; cited 2022 Jan 16]. Available from: <https://covid.postera.ai/covid>
- Almeida-Paes R, de Andrade IB, Ramos MLM, Rodrigues MVA, do Nascimento VA, Bernardes-Engemann AR, et al. Medicines for Malaria Venture COVID Box: a source for repurposing drugs with antifungal activity against human pathogenic fungi. Mem Inst Oswaldo Cruz [Internet]. 2021 Nov 8 [cited 2022 Jan 16];116. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8577065/pdf/1678-8060-mioc-116-e210207.pdf>
- Diamond.ac [Internet]. United Kingdom: Consortium launches COVID-19 Protein Portal to provide essential reagents for SARS-CoV-2 research. [published 2020 Mayo 12; cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://www.diamond.ac.uk/Home/News/LatestNews/2020/12-05-2020.html>
- Nextstrain.org [Internet]. Nextstrain SARS-CoV-2 resources. [published 2020 Jul 8; cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://nextstrain.org/sars-cov-2/>
- Foldingathome.org [Internet]. Washington: COVID-19. [publications 2020 to 2022; cited 2021 Jan 16]. Available from: <https://foldingathome.org/diseases/infectious-diseases/covid-19/>
- GitHub.com [Internet]. California: Folding@home COVID-19 efforts. [published 2020 Oct 26; cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://github.com/FoldingAtHome/coronavirus>
- Open-Source.com [Internet]. USA: COVID-19 Research Consortium. [published 2020 Mayo 4; cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://opensourcecovid19data.wordpress.com>
- Go-fair.org [Internet]. Virus Outbreak Data Network (VODAN). [published ; cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://www.go-fair.org/implementation-networks/overview/vodan/>