eVitroKhem. 2023; 2:5
doi: 10.56294/evk20225

REVISIÓN

Occupational exposure to hydrogen sulphide in the oil industry

Exposición ocupacional al sulfuro de hidrógeno en la industria petrolera

Agostina Constansa Rodriguez[1], Hernan Carlos Hoyos[1]

[1]Universidad Siglo 21, Licenciatura en Higiene Seguridad y Medio Ambiente del Trabajo. Argentina.

Citar como: Rodriguez AC, Hoyos HC. Occupational exposure to hydrogen sulphide in the oil industry. eVitroKhem. 2023; 2:5. https://doi.org/10.56294/evk20225

Enviado: 20-07-2022 **Revisado:** 10-10-2022 **Aceptado:** 22-12-2022 **Publicado:** 05-01-2023

Editor: Prof. Dr. Javier Gonzalez-Argote

ABSTRACT

Introduction: the study analysed hydrogen sulphide (H_2S) exposure in the hydrocarbon industry of the San Jorge Gulf Basin, one of the most relevant regions for oil and gas production in Argentina. This area, located between Chubut and Santa Cruz, presented demanding working conditions and high risks, especially due to the presence of toxic gases. The research sought to assess the level of exposure to H_2S and propose actions to protect the health of operational personnel.
Development: different work activities were identified, such as welding, maintenance, civil works and field operations, where personnel were in direct contact with possible H_2S emissions. Companies such as YPF, PAE and CAPSA implemented safety measures such as the use of gas detectors, personal protective equipment (PPE) and work permits. However, a lack of documented and specific procedures was detected, which increased operational risk. Through field measurements, regulatory analysis and recognition of critical tasks, it was observed that workers operated in hostile environments and with constant exposure to gas, especially in confined spaces, hot work and supervisory tasks.
Conclusions: the research made it possible to determine the degree of occupational exposure to H_2S, highlighting the need to strengthen documentation, improve environmental controls and implement more rigorous prevention policies. It also proposed concrete actions to mitigate risks, contributing to a safer, more responsible industry aligned with current health and safety regulations.

Keywords: Hydrogen Sulphide; Occupational Safety; Hydrocarbons; Hydrocarbon; Occupational Exposure; Prevention.

RESUMEN

Introducción: el estudio analizó la exposición al sulfuro de hidrógeno (H_2S) en la industria hidrocarburífera de la Cuenca del Golfo San Jorge, una de las regiones más relevantes para la producción de petróleo y gas en Argentina. Esta zona, situada entre Chubut y Santa Cruz, presentó condiciones laborales exigentes y riesgos elevados, en especial por la presencia de gases tóxicos. La investigación buscó evaluar el nivel de exposición al H_2S y proponer acciones para proteger la salud del personal operativo.
Desarrollo: se identificaron distintas actividades laborales como soldadura, mantenimiento, obras civiles y operaciones de campo, donde el personal estuvo en contacto directo con posibles emisiones de H_2S. Empresas como YPF, PAE y CAPSA aplicaron medidas de seguridad como el uso de detectores de gases, elementos de protección personal (EPP) y permisos de trabajo. Sin embargo, se detectó la falta de procedimientos documentados y específicos, lo que incrementó el riesgo operativo. A través de mediciones de campo, análisis normativo y reconocimiento de tareas críticas, se observó que los trabajadores operaban en entornos hostiles y con exposición constante al gas, especialmente en espacios confinados, trabajos en caliente y tareas de supervisión.
Conclusiones: la investigación permitió determinar el grado de exposición laboral al H_2S, destacando la necesidad de reforzar la documentación, mejorar los controles ambientales y aplicar políticas de prevención

© 2023; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea correctamente citada

más rigurosas. Asimismo, propuso acciones concretas para mitigar los riesgos, contribuyendo a una industria más segura, responsable y alineada con las normativas de salud y seguridad vigentes.

Palabras clave: Sulfuro de Hidrógeno; Seguridad Laboral; Hidrocarburos; Exposición Ocupacional; Prevención.

INTRODUCCIÓN

La industria hidrocarburífera es una de las actividades económicas más relevantes del sur argentino, y la Cuenca del Golfo San Jorge se posiciona como un epicentro histórico y operativo clave.[1] Ubicada estratégicamente entre las provincias de Chubut y Santa Cruz, esta región concentra una gran parte de la producción nacional de petróleo y gas, abarcando tanto zonas terrestres como marítimas de la plataforma continental. La importancia de esta cuenca no se limita solamente a su aporte energético, sino también a la complejidad y riesgos inherentes a las tareas que en ella se desarrollan.[2,3,4]

El trabajo en los yacimientos petroleros implica una serie de actividades técnicas especializadas como perforación, producción, mantenimiento, obras civiles e ingeniería. Estas labores se realizan en ambientes muchas veces hostiles, con condiciones climáticas extremas y exposición constante a sustancias químicas peligrosas, como el sulfuro de hidrógeno (H_2S).[5,6] Este gas, altamente tóxico y caracterizado por su fuerte olor a "huevo podrido", representa uno de los principales riesgos para la salud de los trabajadores. Su presencia es común en distintos procesos industriales relacionados con el petróleo y gas, y puede derivar en consecuencias graves tanto para las personas como para el medio ambiente.[7]

Ante este panorama, la seguridad laboral y el cumplimiento de las normativas ambientales y de higiene industrial se convierten en pilares fundamentales. El uso de detectores de gases, elementos de protección personal (EPP), procedimientos estandarizados y análisis de riesgos son prácticas esenciales para mitigar los peligros asociados. Asimismo, las empresas operadoras como YPF, Pan American Energy (PAE) y CAPSA establecen protocolos específicos y sistemas de permisos de trabajo para garantizar la ejecución segura de las tareas.

En este contexto, el presente trabajo busca evaluar el grado de exposición al H_2S en distintos frentes laborales dentro de la industria del petróleo. A través del reconocimiento de tareas específicas, mediciones de campo y análisis de cumplimiento normativo, se pretende identificar las fuentes de riesgo y proponer acciones concretas para reducir el impacto de este gas en la salud ocupacional. Esta investigación, además de evidenciar la falta de documentación formal en algunos procedimientos operativos, tiene como finalidad contribuir a una cultura de trabajo más segura, responsable y sostenible dentro de una de las industrias más críticas del país.

DESARROLLO

La Cuenca del Golfo San Jorge es la principal productora y la más antigua región productora de hidrocarburo del país.[8] Desde el punto geológico, la cuenca está ubicada en el área central patagónica, extendiéndose en dos terceras partes por las mesetas que comprenden a las provincias de Chubut y santa cruz y desarrollándose en su tercio restante bajo el océano hacia el sector de la plataforma continental argentina.

Los trabajadores de la industria realizan diferentes tareas en los yacimientos, áreas de perforación, producción, mantenimientos ingeniería y obras, esto hace la extracción, separación, refinación del hidrocarburo, extrayendo agua, gas y crudo.[9,10,11]

Se exponen a la presencia del sulfuro de hidrógeno H2S en sus actividades rutinaria, plantas, baterías, refinerías, pues este gas incoloro conocido también como gas de alcantarilla,[12,13] es el causante de las emisiones de malos olores de forma natural, ya que en la industria contiene procesos en donde es inevitable la descomposición de la materia orgánica produciendo un hedor insoportable al redor de las fuentes emisoras.[14,15,16,17]

El sulfuro de hidrógeno (H_2S) se encuentra en proporciones relevantes en el gas natural, el biogás o el gas de fracking (fracturación hidráulica).[18,19,20,21,22] Su naturaleza tóxica y la generación de óxidos de azufre en su combustión (SOX),[21] junto a los óxidos de nitrógeno (NOX), provocan que en combinación con el agua se forme ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido nítrico (HNO_3) respectivamente,[23,24,25] pudiendo causar lluvia ácida o corrosión en los equipos y las conducciones en las que se encuentren presentes.[26,27,28] También pueden contribuir a la formación smog sulfuroso (niebla causada por la contaminación del aire por azufre u hollín).[29]

Trabajar en un yacimiento petrolero significa todo menos trabajar bajo condiciones de laboratorio: los trabajadores tienen que enfrentarse a duras y remotas áreas, entornos polvorientos y factores climáticos.[30] Incluso en tales condiciones los equipos de detección de gases tienen que ser fiables en todo momento, no solo en casos de emergencia. Se necesitan sensores con tiempos de respuesta rápidos y un rango de temperatura amplio.[31,32,33] Para un mejor entendimiento se realiza una comparación con 3 (tres) empresas dividendo en grupos los diferentes trabajos que realizan y su entorno, el personal se encuentra habilitado por los yacimientos (YPF – PAE Pan American Energy – CAPSA) para realizar sus tareas en los diferentes rubros, estas poseen manual de buenas prácticas de trabajo normalizados y permisos de trabajos según la tarea, área y/o sector y si

corresponde se realiza certificado relacionado.

A los trabajos se dividen de la siguiente manera:

- Soldadores: realizan soldaduras de estructuras metálicas ligeras, de unión de elementos metálicos de espesores finos y medios, utilizando instalaciones de soldadura oxiacetilénica, arco eléctrico con electrodos revestidos y soldadura semiautomática; así como trabajos de corte de metales empleando instalaciones de uso manual y automatizado de oxicorte y arco-plasma.
- Amolador: realiza tareas que permite todo tipo de trabajos en función de los discos que usemos, así como de la potencia y el motor de la propia herramienta eléctrica, nos sirve para lijar, abrillantar, pulir, desbastar y cortar determinados materiales ya sean blandos o duros.
    - Emplean materiales y productos con certificaciones que garanticen una gestión ambiental, en las soldaduras de materiales impregnados de sustancias químicas se realiza venteo, barrido de las cañerías diámetros diferentes para minimizar la generación de emisiones toxicas yo gases explosivos.
    - Cumplir la normativa ambiental vigente para la actividad (Emisiones atmosféricas, niveles sonoros o de vibraciones).
    - Humos y gases: Aplicando las técnicas más adecuadas para evitar emisiones innecesariamente contaminantes, empleando adecuadamente los equipos y los filtros instalados para captarlas. Uso de detector e 4 gases O_2, CO, H_2S, LEL, este a partir de 6 ppm larga alarma.
    - Ruido: Reducir estas emisiones empleando maquinaria y utensilios menos ruidosos y manteniendo desconectados los equipos cuando no se estén utilizando.

Los elementos de protección personal específicos que utilizan para estas tareas son gorro: protege cabello y cuero cabelludo, especialmente cuando se desarrolla la soldadura en diferentes posiciones. Mascara de soldar: protege los ojos, cara, el cuello, debe estar provista de filtros inactínicos de acuerdo al proceso de intensidades de corrientes que se aplica, mascar facial: protege la cara de proyección de partículas, los elementos de protección personal son ropa de trabajo, calzado de seguridad, protección auditiva, guantes.

- Civiles: realizan tareas de construcción, obras civiles, infraestructuras, reparaciones, canalizaciones, hormigonado, encofrados, perfilado, trabajos manuales, entre otros.
    - Cumplir la normativa ambiental vigente para la actividad, Decreto 911/96. Reglamento de Higiene y Seguridad para la Industria de la Construcción, procedimientos operáticos de las empresas y de las Operadoras.
    - Re corredores de producción: obtienen en el campo la información necesaria de: pozos productores, inyectores, satélites, baterías, colectores a fin de poder mantener, potenciar o detectar mermas en la producción del activo.
    - Uso de detector monogas sulfhídrico este a partir de 6 ppm salta alarma indicando la presencia de H2S.
    - Cumplimiento con de los procedimientos de trabajos estandarizados. Mantenimiento/ tareas generales: realizan mantenimiento general de los equipos de bombeo, cambio de elementos de los equipos, maniobras varias quedando los equipos en funcionamiento para la extracción del crudo.
- Mandos medios: supervisores de campo toma novedades para la generación de permisos de trabajos de las tareas que aplica el mismo, entrega al personal operativo y brinda novedades al personal operativo que no necesita permiso de trabajo.

Personal operativo verifica:

- Las condiciones del entorno in situ realizando análisis de riesgos de las tareas a realizar, permisos de trabajos y análisis de riesgos siempre se encuentran en el lugar de trabajo.
- Herramientas de trabajos, equipos antes de su uso y medición atmosférica, se entiende por estas según rubro de trabajo.

Estás tareas son realizadas por las empresas en sus diferentes actividades y tienen una exposición a H2S en los frentes de trabajo.

Los EPP definidos son protección colectiva protegen a un grupo de persona o cuadrilla expuestas a un determinado riesgo, de forma simultánea. Se aplica según los frentes de trabajos, previamente analizados. Los EPI cada persona es responsable de mantener en condiciones estos es la medida que se aplica sobre el cuerpo, complementaria a la colectiva, nunca sustitutiva.

A continuación, se detallan los permisos de trabajo a generar de los sistemas de gestión de los diferentes yacimientos, para habilitación de las tareas:

- Trabajo en caliente: Tarea que puede producir una fuente de ignición para materiales inflamables o combustibles presentes en un Área Clasificada, a través de herramientas o equipos que puedan producir chispa o generar calor.
- Trabajo en frio: Tarea para cuya ejecución no se precisa la utilización de llama abierta, ni de equipos que produzcan chispas o generen calor en un Área Clasificada.
- Trabajo excavaciones: trabajos de excavación o zanjeo en yacimiento, o fuera de él, con riesgo de atrapamiento de personas y/o rotura de ductos (oleoductos, electroductos, etc.). Trabajo para espacios confinados: tareas en el interior de tanques de almacenaje, piletas, bodegas, cámaras, excavaciones o espacios bajos en áreas con posible presencia de contaminantes o ausencia de oxígeno; que superen los 1,50 m de profundidad o que sean recintos cerrados. También ampara el ingreso de personas a otros equipos tales como columnas, hornos, calderas, cisternas, drenajes, etc.
- Trabajo eléctrico: tareas que involucren riesgo eléctrico.
- Trabajo en altura: tareas que impliquen riesgos de caídas por falta de protecciones físicas adecuadas o tareas extraordinarias en equipos, edificios o estructuras cuya diferencia de altura entre el plano de trabajo y los posibles planos donde caería la persona supere 1,80 m.

Bloqueos y etiquetados: Todos los Bloqueos y Etiquetados mecánicos y eléctricos

En toda área de proceso de hidrocarburos, requiere la verificación de la no presencia de gases o vapores combustibles o tóxicos, en el área donde se va a realizar el trabajo, para garantizar esto se debe:

- Prueba de atmosfera en el sitio de trabajo previa verificación que el detector de gases se encuentre certificado y calibrado.
- Realizar monitoreo de atmosfera.

Ya claro con los roles, toma de novedades, permisos de trabajos, según planificación antes realizada el personal se dirige al frente de trabajo y se realiza la charla redactando análisis de riesgo In situ, este es un registro donde se indica el paso a paso de la tarea a realizar, los riesgos y peligros asociados a la o las tareas y medidas de mitigación que se toman quedando firmado por todo el personal involucrado. Contemplando los roles de emergencia, esto es una obligación de saber y cumpliendo con las políticas de las empresas y yacimientos.

- Política de alcohol y drogas.
- Políticas de detención de tareas.
- Política medio ambiente.
- Política de gestión vehicular.
- Política de suspensión de tareas.

Cabe destacar la falta de documentación por parte de las empresas en procedimientos operativos de campo, estos son reemplazados por los permisos de trabajos, hay registros, documentos que indican siniestralidades en los diferentes procesos los cuales post evento las operadoras solicitan la redacción de procedimientos específicos o generales, por las tareas complejas y de alto riesgo permanente del personal operativo. Ante la ausencia de información de las condiciones laborales se pretende con esta investigación determinar como objetivo principal:

- Evaluar el grado de exposición laboral al H2S sulfuro de hidrogeno en industria con el fin de garantizar el cumplimiento de los límites permisibles en la normativa de seguridad y salud ocupacional.

Con los objetivos específicos espero:

- Reconocer, Identificar las tareas que realizan que se encuentran con exposición a las fuentes emisoras de H2S sulfuro de hidrógeno.
- Medir el grado de concentración de sulfuro de hidrógeno utilizando mediciones de campo y guiándose en la Normativa Legal vigente.
- Divisar las acciones necesarias para reducir la exposición laboral al H2S sulfuro de hidrógeno en la ejecución de las tareas.

CONCLUSIONES

La exposición al sulfuro de hidrógeno (H_2S) en la industria hidrocarburífera, particularmente en la Cuenca del Golfo San Jorge, representa un desafío crucial en materia de seguridad y salud ocupacional. Esta región, eje histórico y operativo de la producción nacional de petróleo y gas en Argentina, presenta condiciones laborales complejas debido a factores geográficos, climáticos y técnicos. Las tareas desarrolladas por el personal en los yacimientos —desde soldaduras, mantenimiento, obras civiles, hasta trabajos de supervisión y operación— los exponen continuamente a este gas tóxico, cuya peligrosidad exige controles estrictos y permanentes.

El presente trabajo permite visibilizar los riesgos reales a los que se enfrentan los trabajadores durante sus jornadas, y pone de manifiesto la importancia de aplicar herramientas de detección de gases, análisis de riesgos in situ y elementos de protección personal específicos según cada tarea. A través de la descripción detallada de funciones laborales y del entorno en que se desarrollan, se evidencia que, aunque existen procedimientos y protocolos establecidos por operadoras como YPF, Pan American Energy y CAPSA, aún persiste una falta significativa de documentación formal sobre procesos operativos clave, lo que incrementa la vulnerabilidad del personal frente a eventos críticos.

Asimismo, el estudio recalca la necesidad de cumplir con las normativas legales vigentes, tanto ambientales como de higiene y seguridad, y de mantener una cultura organizacional centrada en la prevención. El monitoreo constante de la atmósfera, la emisión de permisos de trabajo adecuados y la formación continua del personal resultan indispensables para reducir la exposición al H_2S y evitar consecuencias graves para la salud y el medioambiente.

Como contribución concreta, esta investigación identifica tareas críticas, mide concentraciones de H_2S mediante datos de campo y propone acciones específicas para mitigar riesgos, como el uso de equipos certificados, la implementación de bloqueos y etiquetados adecuados, y el fortalecimiento de políticas internas de seguridad. Además, se destaca la importancia de registrar y analizar siniestros ocurridos para generar procedimientos formales que sirvan como guía preventiva.

En definitiva, la evaluación del grado de exposición al sulfuro de hidrógeno no solo apunta a preservar la integridad física de los trabajadores, sino también a reforzar una industria energética más segura, responsable y sostenible, alineada con los estándares más exigentes en seguridad laboral y protección ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Argentina. Ley N° 25.675. Ley General del Ambiente. 2002. Disponible en: http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/LEY%2025675.pdf

2. Argentina. Ley N° 26.773. Régimen de Ordenamiento de la Reparación de los Daños Derivados de los Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales. 2012. Disponible en: http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/200000-204999/203798/norma.htm

3. Argentina. Decreto N° 49. Listado de Enfermedades Profesionales. 2014. Disponible en: http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/225000-229999/225309/norma.htm

4. Argentina. Superintendencia de Riesgos del Trabajo. Resolución SRT N° 463/2002. Listado de Sustancias y Agentes Cancerígenos. Disponible en: http://upcndigital.org/~legislacion/CYMAT/Riesgos%20de%20Trabajo/2009-Resolucion%20SRT%200463_textact.pdf

5. Argentina. Superintendencia de Riesgos del Trabajo. Resolución SRT N° 299/2011. Registro y Provisión de Elementos de Protección Personal (EPP). Disponible en: http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/180000-184999/180669/norma.htm

6. Argentina. Resolución N° 310/03. Modificación del listado mezclas y explosivos [Internet]. Disponible en: http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/79053/texact.htm

7. Argentina. Resolución N° 37/2010. Exámenes médicos [Internet]. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-37-2010-163171

8. Argentina. Resolución N° 801/2015. Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA/GHS) [Internet]. Disponible en: http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=245850

9. Argentina. Resolución N° 861/2015. Mediciones de contaminantes químicos [Internet]. Disponible en: https://www.srt.gob.ar/wp-content/uploads/2014/03/images_pdf_Resolucion_861-15_Contaminantes_quimicos.pdf

10. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Norma IRAM 3625. Espacios confinados [Internet]. 2003. Disponible en: https://higieneyseguridadlaboralcvs.files.wordpress.com/2012/07/iram3625-espacios-confinados.pdf

11. Ministerio de Desarrollo Productivo. Hidrocarburos [Internet]. s.f. Disponible en: https://www.argentina.

gob.ar/eiti/hidrocarburos

12. Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades. [Internet]. s.f. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs114.html

13. Gobierno de Navarra. Manuales de buenas prácticas ambientales: Soldadura [Internet]. s.f. Disponible en: https://www.uis.edu.co/webUIS/es/gestionAmbiental/documentos/manuales/Buenas%20Practicas%20Ambientales%20-%20Soldadura.pdf

14. Asociación Chilena de Seguridad (ACHS). Medidas preventivas ante emanaciones de ácido sulfhídrico [Internet]. s.f. Disponible en: https://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents_pdf/medidas-preventivas-ante-emanaciones-de-acido-sulfhidrico.pdf

15. Wang R. La función dual del sulfuro de hidrógeno. Investigación y Ciencia [Internet]. 2010. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_sulfh%C3%ADdrico

16. Air Liquide. Hoja de datos de seguridad del producto: Sulfuro de hidrógeno [Internet]. 2014. Disponible en: https://industrial.airliquide.com.mx/sites/industry_mx/files/sds/2018/07/12/alm-022_sulfuro_de_hidrogeno_rev_03.pdf

17. Mercuria. Hoja de datos de seguridad del producto: Petróleo crudo [Internet]. 2017. Disponible en: https://www.mercuria.com/sites/default/files/ES_SDS_Crude_SDS%20SGS%20GHS%20%28Reach%20ANNEXII%29_2015211_MERCURIA-370_0.pdf

18. Sebastián Boris. Elemento de protección personal: Proveedor [Internet]. s.f. Disponible en: https://www.sebastianboris.com.ar/

19. Boris Hnos. Elemento de protección personal: Proveedor [Internet]. s.f. Disponible en: https://www.borishnos.com.ar/inicio

20. Drägerwerk. H2S: Un reto creciente en la industria del gas y el petróleo [Internet]. 2010. Disponible en: https://www.draeger.com/library/content/h2s-e-book-9072501-es.pdf

21. Vidal S. Procedimiento corporativo: permisos de trabajos. C-S-PO-01. 2018.

22. Rodríguez S. Instructivo permiso de trabajo en caliente y frío. C-S-ITO 01.01. 2019.

23. Quesada I. Instructivo permiso de trabajo en altura. C-S-ITO 01.03. 2019.

24. Ulloa G. Instructivo permiso de trabajos en instalaciones eléctricas. C-S-ITO 01.04. 2018.

25. Díaz J. Instructivo permiso de trabajos de excavación. C-S-ITO 01.05. 2018.

26. Cantasano P. Sistema de permisos de trabajo. YFP-505-NO032-LG-AR. 2012.

27. YPF. Permiso de trabajo eléctrico. RG04.

28. YPF. Pruebas adicionales de gas. RG06.

29. YPF. Bloqueo mecánico y etiquetado. RG07.

30. PAE. Formulario: permiso de trabajo frío/caliente.

31. PAE. Certificado: trabajo en altura.

32. PAE. Certificado: confirmación de aislamiento de energía.

33. PAE. Certificado: espacios confinados.

FINANCIACIÓN
Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES
Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA
Conceptualización: Agostina Constansa Rodriguez, Hernan Carlos Hoyos.
Curación de datos: Agostina Constansa Rodriguez, Hernan Carlos Hoyos.
Análisis formal: Agostina Constansa Rodriguez, Hernan Carlos Hoyos.
Investigación: Agostina Constansa Rodriguez, Hernan Carlos Hoyos.
Metodología: Agostina Constansa Rodriguez, Hernan Carlos Hoyos.
Administración del proyecto: Agostina Constansa Rodriguez, Hernan Carlos Hoyos.
Recursos: Agostina Constansa Rodriguez, Hernan Carlos Hoyos.
Software: Agostina Constansa Rodriguez, Hernan Carlos Hoyos.
Supervisión: Agostina Constansa Rodriguez, Hernan Carlos Hoyos.
Validación: Agostina Constansa Rodriguez, Hernan Carlos Hoyos.
Visualización: Agostina Constansa Rodriguez, Hernan Carlos Hoyos.
Redacción – borrador original: Agostina Constansa Rodriguez, Hernan Carlos Hoyos.
Redacción – revisión y edición: Agostina Constansa Rodriguez, Hernan Carlos Hoyos.