

Precisión del *point-of-care ultrasound* para la evaluación de diferentes enfermedades en el servicio de Urgencias

Point-of-care ultrasound accuracy for evaluating different diseases in the emergency service

Joaquín Valle Alonso^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-3603-7895>

Ana Maria Navio Serano² <https://orcid.org/0000-0003-3551-1305>

Eric Van der Bergh¹ <https://orcid.org/0000-0003-3536-777X>

Ganapathiram Lakshmanan³ <https://orcid.org/0000-0003-2770-5441>

¹Royal Bournemouth Hospital. Department of Emergency Medicine. Bournemouth, UK.

²San Pablo University. Emergency Physician SUMMA 112. Department of Emergency Medicine. Madrid, España.

³Royal Bournemouth Hospital. Emergency Physician. Bournemouth, UK.

*Autor para la correspondencia: joa51274@hotmail.com

RESUMEN

Introducción: La ecografía *point of care ultrasound* es, actualmente, un método rápido y preciso para diagnosticar múltiples enfermedades en el servicio de Urgencias.

Objetivo: Evaluar la precisión diagnóstica de la ecografía *point of care ultrasound* en comparación con el patrón de referencia de los informes del servicio de Radiología/Cardiología.

Métodos: Se realizó un estudio prospectivo, de enero de 2017 a abril de 2018, con 459 pacientes que se presentaron en el servicio de Urgencias, del *Royal Bournemouth Hospital* y *Christchurch Hospital* por diversas enfermedades. Se calculó la sensibilidad, especificidad, así como los valores predictivos positivos y negativos. Se comparó la interpretación de la ecografía de médicos de urgencias con el *gold standard* de los informes del servicio de Radiología (ecografía) y

Cardiología (ecocardiografía). Para el análisis de los resultados, se calculó el índice kappa de concordancia.

Resultados: La sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivos y negativos, y el índice de precisión (kappa) de la ecografía *point of care ultrasound* fueron, por orden, 92,3 %, 100 %, 100 %, 96,3 %, 0,94 para la trombosis venosa profunda; 94,4 %, 98,6 %, 94,4 %, 98,6 %, 0,93 para el aneurisma de la aorta abdominal; 91,4 %, 92,3 %, 88,9 %, 94,1 %, 0,92 para la función del ventrículo izquierdo; 93,8 %, 91,73 %, 88,2 %, 95,7 %, 0,89 para la neumonía; 93,3 %, 92,3 %, 87,5 %, 96,0 %, 0,84 síndrome intersticial.

Conclusiones: Los resultados alcanzados demuestran la precisión de la ecografía *point of care ultrasound* en la evaluación integrada de diversas enfermedades en el servicio de Urgencias. Por tanto, se pueden realizar intervenciones tempranas en los pacientes.

Palabras clave: *point-of-care ultrasound*; ecografía; precisión diagnóstica.

ABSTRACT

Introduction: Point of care ultrasound is currently a fast and precise method to diagnose multiple diseases in the emergency department.

Objective: To evaluate the diagnostic precision of point of care ultrasound in comparison with the reference pattern of the reports of Radiology / Cardiology service.

Methods: A prospective study was conducted, from January 2017 to April 2018, with 459 patients who came to the Emergency Department, at Royal Bournemouth Hospital and Christchurch Hospital for various diseases. Sensitivity, specificity, as well as positive and negative predictive values were calculated. The interpretation of the emergency physician's ultrasound was compared with the gold standard of the reports from the Radiology (ultrasound) and Cardiology (echocardiography) services. The concordance kappa index was calculated for the analysis of the results.

Results: The sensitivity, specificity, positive and negative predictive values, and the precision index (kappa) of the point of care ultrasound were 92.3%, 100%, 100%, 96.3%, respectively; 0,94 for deep vein thrombosis; 94.4%, 98.6%, 94.4%, 98.6%, 0.93 for abdominal aortic aneurysm; 91.4%, 92.3%, 88.9%, 94.1%, 0.92 for

left ventricular function; 93.8%, 91.73%, 88.2%, 95.7%, 0.89 for pneumonia; 93.3%, 92.3%, 87.5%, 96.0%, 0.84 interstitial syndrome.

Conclusions: The results obtained prove the precision of point of care ultrasound in the comprehensive evaluation of various diseases in the emergency department. Therefore, early interventions can be performed on patients.

Keywords: Point-of-care ultrasound; ultrasound; diagnostic accuracy.

Recibido: 28/05/2020

Aprobado: 27/10/2020

Introducción

Point-of-care-ultrasound (POCUS) es una herramienta de diagnóstico para pacientes ambulatorios, hospitalizados y de atención de urgencia en constante evolución. El tiempo de diagnóstico disminuye y la precisión aumenta cuando POCUS se asocia al examen clínico y procedimientos diagnósticos o terapéuticos. El uso de POCUS en urgencias se ha incrementado porque reduce el costo, la exposición a la radiación y los retrasos en las imágenes, y aumenta la satisfacción del paciente. POCUS también es útil en entornos con recursos limitados.^(1,2)

Cuando se compara con la ecografía formal, POCUS es equivalente a la ecografía reglada en la detección de aneurismas aórticos abdominales, y preciso en el diagnóstico de trombosis venosa profunda. POCUS tiene un alto acierto para diagnosticar neumonía y detectar insuficiencia cardíaca aguda descompensada, pero es menos exacta que la tomografía computarizada (TC) para identificar embolia pulmonar. POCUS musculoesquelético se usa para diagnosticar y guiar el tratamiento de muchas afecciones de las articulaciones y los tejidos blandos.

La guía ecográfica mejora los resultados en la colocación de catéteres venosos centrales y el drenaje de líquidos de las cavidades corporales y las punciones lumbares. La ecografía puede reducir el uso de la TC para el diagnóstico de apendicitis; sin embargo, los resultados negativos de la exploración no descartan la enfermedad. POCUS puede diagnosticar y descartar patología de la vesícula biliar con precisión y es eficaz para diagnosticar la urolitiasis. La ecografía

cardíaca focalizada puede detectar derrame pericárdico y disminución de la función sistólica, pero es menos precisa que la ecografía pulmonar para diagnosticar insuficiencia cardíaca aguda. La evidencia científica actual, aunque es limitada, demuestra un beneficio en el diagnóstico de enfermedades testiculares y ginecológicas en urgencias.⁽³⁾

Al utilizar y dar seguimiento con el POCUS, el médico de Urgencias realiza todas las adquisiciones e interpretaciones de imágenes a la cabecera del paciente y emplea la información, en tiempo real, para abordar hipótesis diagnósticas específicas y guiar la terapia en curso. El uso de POCUS puede estar limitado por la disponibilidad del personal médico del servicio de Urgencias, así como por el nivel de entrenamiento y experiencia. Existen múltiples estudios individuales sobre la precisión de POCUS en diversas presentaciones en urgencias que incluyen, disnea, dolor abdominal, dolor lumbar, dolor torácico, *shock* y sospecha de trombosis venosa profunda (TVP). El objetivo del estudio fue evaluar la precisión diagnóstica de la ecografía *point-of-care ultrasound* en comparación con el patrón de referencia de los informes del servicio de Radiología/Cardiología.

Métodos

Se realizó un estudio prospectivo de enero de 2017 a abril de 2018, con pacientes que se presentaron en el servicio de Urgencias de *Royal Bournemouth Hospital* y *Christchurch Hospital*, pertenecientes al servicio nacional de salud británico (NHS), por diferentes motivos: disnea, dolor abdominal, dolor lumbar, dolor torácico, *shock* y sospecha de TVP.

Se utilizó el ecógrafo sonosite Edge II® en todos los sujetos. Las imágenes fueron grabadas y revisadas en el ecógrafo. En el estudio participaron cuatro facultativos de urgencias con diversos niveles de entrenamiento, tres de ellos desconocían la investigación que se estaba realizando.

De los 278 casos incluidos inicialmente, primero se excluyeron de la investigación a 8 pacientes con estudios recientes de ecografía o ecocardiografía para evitar sesgo diagnóstico. Durante la fase de seguimiento se excluyeron a 12 pacientes en los que no fue posible completar un seguimiento con datos precisos. La muestra final quedó conformada por 258 pacientes.

Se calculó la sensibilidad, especificidad, así como los valores predictivos positivos (VPP) y negativos (VPN). Se comparó la interpretación de la ecografía de médicos de urgencias con el *gold standard* de los informes del servicio de radiología para la ecografía y ecocardiografía reportado por cardiología. La precisión se definió como el porcentaje de resultados que fueron consistentes con el criterio de referencia. Para el análisis de los resultados, se calculó el índice *kappa* de concordancia. De esta forma se comparó el procedimiento ecográfico realizado por el facultativo de urgencias y los informes del servicio de radiología/cardiología. Para el análisis estadístico, se empleó el programa SPSS versión 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.).

Aspectos éticos

El presente estudio fue aprobado por el Consejo Científico de la institución participante. La investigación se realizó conforme a los principios de la ética médica, las normas éticas institucionales y nacionales vigentes, y los principios de la Declaración de Helsinki.

Resultados

En total se realizaron 459 estudios ecográficos, debido a que en varios pacientes se llevaron a cabo más de un estudio y cada uno se evaluó de forma separada. Por ejemplo, en los casos de disnea se les realizó ecocardiografía, ecografía pulmonar y, en ocasiones, ecografía de miembros inferiores, así como en los pacientes en *shock* que se utilizó el protocolo RUSH (*rapid ultrasound shock assesement*). En la tabla 1 se representan los datos demográficos, los motivos de consulta y los tipos de ecografía realizada. La edad media fue de 61 años, de los cuales un 56,2 % eran mujeres. En la tabla 2 se presentan los resultados de la ecografía comparada con el *gold standard*.

Tabla 1 - Datos demográficos, motivos de consulta y ecografía

Datos demográficos	Número de pacientes (%)
Edad (años) (media, DE)	61 (16,2)
Hombres	113 (43,8)

Mujeres	145 (56,2)
Presentación clínica	
Dolor abdominal	52 (20,2)
Dolor lumbar	40 (15,5)
Dolor torácico	18 (7)
Disnea	86 (33,3)
Sospecha de trombosis venosa profunda	38 (14,7)
Shock	24 (9,3)
Ecografía (N= 459)	
Ecografía de ventrículo derecho	49 (10,7)
Función ventricular	87 (19)
Neumonía	62 (13,5)
Síndrome intersticial	42 (9,2)
Ecografía para aneurisma de aorta abdominal	88 (19,2)
Ecografía de cuadrante superior derecho	35 (7,6)
Ecografía renal en la hidronefrosis	40 (8,7)
Ecografía trombosis venosa profunda	56 (12,2)

Tabla 2 - Resultados de los estudios de ecografía comparados con el patrón de referencia

Examen	Sensibilidad	Especificidad	Valor predictivo positivo	Valor predictivo negativo	Índice kappa
POCUS ventrículo derecho	68,8 % (95 % CI 44,4 % - 85,8 %)	90,9 % (95 % CI 76,4 % - 96,9 %)	78,6 % (95 % CI 52,4 % - 92,4 %)	85,7 % (95 % CI 70,6 % - 93,7 %)	0,62 (95 % CI 0,37 % - 0,86 %)
POCUS función ventricular	91,4 % (95 % CI 77,6 % - 97,0 %)	92,3 % (95 % CI 81,8 % - 97,0 %)	88,9 % (95 % CI 74,7 % - 95,6 %)	94,1 % (95 % CI 84,1 % - 98,0 %)	0,92 (95 % CI 0,72 % - 0,95 %)
POCUS neumonía	93,8 % (95 % CI 71,7 % - 98,9 %)	91,73 % (95 % CI 74,2 % - 97,7 %)	88,2 % (95 % CI 65,7 % - 96,7 %)	95,7 % (95 % CI 79,0 % - 99,2 %)	0,89 (95 % CI 0,72 % - 1,04 %)
POCUS síndrome intersticial	93,3 % (95 % CI 70,2 % - 98,8 %)	92,3 % (95 % CI 75,9 % - 97,9 %)	87,5 % (95 % CI 64,0 % - 96,5 %)	96,0 % (95 % CI 80,5 - 99,3 %)	0,84 (95 % CI 0,68 % - 1,01 %)
POCUS aneurisma aorta abdominal	94,4 % (95 % CI 74,2 % - 99,0 %)	98,6 % (95 % CI 92,2 % - 99,7 %)	94,4 % (95 % CI 74,2 % - 99,0 %)	98,6 % (95 % CI 92,2 % - 99,7 %)	0,93 (95 % CI 0,83 % - 1,03 %)
POCUS cuadrante superior derecho	85,7 % (95 % CI 60,1 % - 96,0 %)	87,5 % (95 % CI 73,9 % - 94,5 %)	70,6 % (95 % CI 46,9 % - 86,7 %)	94,6 % (95 % CI 82,3 % - 98,5 %)	0,68 (95 % CI 0,47 - 0,90 %)

POCUS renal hidronefrosis	85,7 % (IC 95 % 65,4 % - 95,0 %)	78,9 % (IC 95 % 56,7 % - 91,5 %)	81,8 % (IC 95 % 61,5 % - 92,7 %)	83,3 % (IC 95 % 60,8 % - 94,2 %)	0,65 (IC 95 % 0,41 - 0,88 %).
POCUS trombosis venosa profunda	92,3 % (95 % CI 66,7 % - 98,6 %)	100 % (95 % CI 87,1 % - 100 %)	100 % (95 % CI 75,7 % - 100 %)	96,3 % (95 % CI 81,7 % - 99,3 %)	0,94 (95 % CI 0,83 % - 1,05 %)

POCUS: Point-of-care-ultrasound

Discusión

En el caso de la ecografía renal se realizaron 40 exámenes y se contrastaron con la Uro TAC, que es el procedimiento estándar o TAC abdominal con contraste en mayores de 50 años, el cual aportó una sensibilidad de 85,7 % y especificidad de 78,9 %. Los falsos positivos y negativos se presentaron en pacientes con sospecha de hidronefrosis leve, nunca en hidronefrosis moderada o severa. Una reciente revisión sistemática sobre la precisión y valor pronóstico del POCUS en la nefrolitiasis señaló unos resultados agrupados para sensibilidad y especificidad de 70,2 % y 75,4 %, respectivamente.⁽⁴⁾

En el caso de la ecocardiografía a pie de cama, esta se utilizó en casos de dolor torácico, hipotensión o *shock*. Posibilita diferenciar entre *shock* obstructivo [embolismo pulmonar (EP) masivo o submasivo], y *shock* cardiogénico, así como disnea (para establecer diagnóstico de disnea de etiología cardíaca). Se evaluaron los hallazgos de reducción de la función ventricular izquierda y dilatación de ventrículo derecho.

De los 49 pacientes evaluados con sospecha de EP, en 9 se confirmó un EP (18,4 %); en los casos falsos negativos el diagnóstico fue de EP subsegmentario. Habría que señalar que en la mayoría de los casos se realizó una ecografía multiórgano, lo que puede inducir un sesgo de sospecha diagnóstica. Estos datos fueron similares a lo reportado en la literatura. *Dresden* et al. detectaron en 146 pacientes una sensibilidad de 50 % y especificidad 98 %.⁽⁵⁾ El estudio de Weekes⁽⁶⁾ demostró una sensibilidad de 100 % en 26 pacientes que tenían disfunción ventricular derecha en la ecocardiografía reglada, similar a nuestros datos que fueron precisos en los pacientes con datos de disfunción de ventrículo derecho.

En relación con la función ventricular, se comparó la capacidad de estimar la función sistólica del ventrículo izquierdo como “normal”, “leve a moderadamente disminuida” o “severamente disminuida”, de manera visual, con la fracción

de eyección del ventrículo izquierdo (> 50 %, 31 % - 49 % y <31 %, respectivamente) en la ecocardiografía realizada por los técnicos en ecografía. De un total de 87 pacientes en los que se evaluó la función ventricular izquierda, se correlacionó significativamente (Kappa 0.92) comparado con los estudios del Servicio de Cardiología. Hasta la fecha, la mayoría de los estudios en los SU (Servicio de Urgencias) se basan en mediciones cuantitativas de la fracción de eyección.⁽³⁾ Estas medidas formales tienen algunas desventajas, principalmente debido a limitaciones de tiempo. Los resultados son similares a varios estudios recientes,^(7,8,9,10) en los que se evaluó la función ventricular de forma visual en la ecocardiografía.

La ecografía torácica o pulmonar (para evaluar pleura y pulmón) se utilizó para el diagnóstico de la neumonía y el síndrome intersticial. En el caso de la neumonía, se comparó con la radiografía de tórax y el TAC de tórax en los pacientes seleccionados, que fueron informados por el radiólogo. Los datos en relación con la neumonía fueron similares [93,8 % (95 % CI 71,7 % - 98,9 %) y 91,73 % (95 % CI 74,2 % - 97,7 %)] a un metaanálisis que demostró una sensibilidad y especificidad agrupadas para el diagnóstico de neumonía de 94 % (IC 95 %, 92 % - 96 %) y 96 % (94 % - 97 %).^(11,12) En el caso del síndrome intersticial difuso para el diagnóstico de la insuficiencia cardiaca, la sensibilidad y especificidad fue de 93 % y 92 %, similar al metaanálisis de *Al Deed* y otros,⁽¹³⁾ en donde la sensibilidad combinada fue de 94 % y la especificidad fue de 93 % y se utilizaron las líneas B como referencia para el diagnóstico de la insuficiencia cardiaca congestiva (ICC). En relación con la ecografía abdominal, se analizaron los casos de sospecha de aneurisma de la aorta abdominal de 88 ecografías realizadas. La sensibilidad y especificidad fue de 94,4 % y 98,6 %. Los datos de nuestro estudio son muy similares a la revisión sistemática de *Rubano*, en la cual los pacientes con aneurisma de la aorta abdominal (AAA) a los cuales se realizó una ecografía en Urgencias demostró una sensibilidad de 99 % y especificidad de 98 %.⁽¹⁴⁾ Para la ecografía de cuadrante superior derecho, se incluyeron 54 pacientes con resultados de una sensibilidad de 85,7 % y especificidad de 87,5 %, resultados similares a los del estudio de *Summers* y otros.⁽¹⁵⁾ *Hildsen* y otros demostraron que la ecografía biliar realizada por médicos de emergencia brinda acceso oportuno a la información diagnóstica.⁽¹⁶⁾ Los hallazgos positivos de cálculos biliares y un

aumento del grosor de la pared de la vesícula biliar son altamente predictivos de la necesidad de una intervención quirúrgica, y el uso de POCUS se asocia con visitas más cortas a los servicios de urgencias.

La ecografía para TVP mostró excelentes resultados. La mayoría fueron realizadas por facultativos experimentados en la técnica.⁽¹⁷⁾ Los resultados son similares a la literatura internacional,⁽¹⁸⁾ que demuestra que tanto la técnica POCUS de 2 puntos como la de 3 mostraron un rendimiento excelente para el diagnóstico de TVP. Se recomienda que los médicos de urgencias capacitados en POCUS la realicen inicialmente de 3 puntos para diagnosticar la TVP de manera eficaz y precisa.

Las limitaciones incluyen ser una muestra de conveniencia, así como el pequeño número de pacientes. Se realizó solo un diagnóstico primario, pero en muchos casos se enumeraron diagnósticos múltiples, lo que reflejó la realidad de que muchos pacientes presentaron enfermedades múltiples. Se incluyó la información clínica del paciente lo que puede ser un sesgo, pero POCUS debe ser utilizado con la información clínica.

A manera de conclusión, los resultados alcanzados demuestran la precisión de la ecografía *point of care ultrasound* en la evaluación integrada de diversas enfermedades en el servicio de Urgencias. Por tanto, se pueden realizar intervenciones tempranas en los pacientes.

Referencias bibliográficas

1. Dietrich CF, Goudie A, Chiorean L, Cui XW, Gilja OH, Dong Y, et al. Point of care ultrasound: a WFUMB position paper. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2017 Jan 1;43(1):49-58.
2. Buerger AM, Clark KR. Point-of-care ultrasound: a trend in health care. *Radiologic Technology*. 2017 Nov 1;89(2):127-38.
3. Whitson MR, Mayo PH. Ultrasonography in the emergency department. *Critical Care*. 2016 Dec 1;20(1):227.
4. Pathan SA, Mitra B, Mirza S, Momin U, Ahmed Z, Andraous LG, et al. Emergency Physician Interpretation of Point-of-care Ultrasound for Identifying and Grading of Hydronephrosis in Renal Colic Compared with Consensus Interpretation by

- Emergency Radiologists. *Academic Emergency Medicine*. 2018 Oct;25(10):1129-37.
5. Dresden S, Mitchell P, Rahimi L, Leo M, Rubin-Smith J, Bibi S, et al. Right ventricular dilatation on bedside echocardiography performed by emergency physicians aids in the diagnosis of pulmonary embolism. *Annals of Emergency Medicine*. 2014 Jan 1;63(1):16-24.
 6. Weekes AJ, Thacker G, Troha D, Johnson AK, Chanler-Berat J, Norton HJ, et al. Diagnostic accuracy of right ventricular dysfunction markers in normotensive emergency department patients with acute pulmonary embolism. *Annals of Emergency Medicine*. 2016 Sep 1;68(3):277-91.
 7. Secko MA, Lazar JM, Saliccioli LA, Stone MB. Can junior emergency physicians use E-point septal separation to accurately estimate left ventricular function in acutely dyspneic patients? *Academic Emergency Medicine*. 2011 Nov;18(11):1223-6.
 8. Ünlüer EE, Karagöz A, Akoğlu H, Bayata S. Visual estimation of bedside echocardiographic ejection fraction by emergency physicians. *Western Journal of Emergency Medicine*. 2014 Mar;15(2):221.
 9. Satılmış Siliv N, Yamanoglu A, Pınar P, Celebi Yamanoglu NG, Torlak F, Parlak I. Estimation of cardiac systolic function based on mitral valve movements: An accurate bedside tool for emergency physicians in dyspneic patients. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2019 Apr;38(4):1027-38.
 10. Prada G, Fritz AV, Restrepo-Holguín M, Guru PK, Díaz-Gómez JL. Focused Cardiac Ultrasonography for Left Ventricular Systolic Function. *The New England Journal of Medicine*. 2019 Nov 21;381(21):e36.
 11. Chavez MA, Shams N, Ellington LE, Naithani N, Gilman RH, Steinhoff MC, et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a systematic review and meta-analysis. *Respiratory Research*. 2014 Dec 1;15(1):50.
 12. Long L, Zhao HT, Zhang ZY, Wang GY, Zhao HL. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a meta-analysis. *Medicine*. 2017 Jan;96(3).
 13. Al Deeb M, Barbic S, Featherstone R, Dankoff J, Barbic D. Point-of-care ultrasonography for the diagnosis of acute cardiogenic pulmonary edema in patients presenting with acute dyspnea: a systematic review and meta-analysis. *Academic Emergency Medicine*. 2014 Aug;21(8):843-52.

14. Rubano E, Mehta N, Caputo W, Paladino L, Sinert R. Systematic review: emergency department bedside ultrasonography for diagnosing suspected abdominal aortic aneurysm. *Academic Emergency Medicine*. 2013 Feb;20(2):128-38.
15. Summers SM, Scruggs W, Menchine MD, Lahham S, Anderson C, Amr O, et al. A prospective evaluation of emergency department bedside ultrasonography for the detection of acute cholecystitis. *Annals of Emergency Medicine*. 2010 Aug 1;56(2):114-22.
16. Hilsden R, Leeper R, Koichopolos J, Vandelinde JD, Parry N, Thompson D, et al. Point-of-care biliary ultrasound in the emergency department (BUSED): implications for surgical referral and emergency department wait times. *Trauma Surgery & Acute Care Open*. 2018 Jul 1;3(1).
17. Pedraza García J, Valle Alonso J, Ceballos García P, Rico Rodríguez F, Aguayo López MÁ, Muñoz-Villanueva MD. Comparison of the accuracy of emergency department-performed point-of-care-ultrasound (POCUS) in the diagnosis of lower-extremity deep vein thrombosis. *Journal of Emergency Medicine*. 2018 Jan 1;54(5):656-64.
18. Lee JH, Lee SH, Yun SJ. Comparison of 2-point and 3-point point-of-care ultrasound techniques for deep vein thrombosis at the emergency department: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2019 May;98(22):e15791.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Joaquín Valle Alonso. Conceptualización, curación de datos, análisis formal, adquisición de fondos, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, informática, supervisión, validación, visualización, redacción (borrador original), redacción (revisión y corrección).

Ana Maria Navio Serano. Investigación, informática, supervisión, redacción (borrador original), redacción (revisión y corrección).

Eric Van der Bergh. Administración del proyecto, informática, supervisión, validación, visualización, redacción (borrador original).

Ganapathiram Lakshmanan. Recursos, informática, supervisión, validación, visualización, redacción (borrador original).