

Caracterización de las prácticas de DevOps en organizaciones que desarrollan software: Un mapeo sistemático de literatura

Jose Daniel Sánchez Castillo¹, Alexandra Martínez¹, Christian Quesada-López¹,
Marcelo Jenkins¹

jose.sanchezcastillo@ucr.ac.cr, alexandra.martinez@ucr.ac.cr,
cristian.quesadalopez@ucr.ac.cr, marcelo.jenkins@ucr.ac.cr

¹ Universidad de Costa Rica, Escuela de Ciencias de la Computación e Informática, San José, Costa Rica.

Pages: 83–96

Resumen: DevOps es un conjunto de prácticas de ingeniería de *software* que combina los esfuerzos de las áreas de desarrollo y operaciones, con el objetivo de mejorar el tiempo de entrega y la calidad del software. El objetivo de este estudio es caracterizar las prácticas de DevOps utilizadas por organizaciones que desarrollan software. Para ello se realizó un mapeo sistemático de literatura que abarca el periodo 2015-2019. En total se incluyeron y analizaron 42 artículos primarios. Se logró identificar y clasificar un total de 20 prácticas de DevOps, 18 criterios para evaluar las prácticas de DevOps, 16 beneficios y 19 retos asociados a la adopción de DevOps. Los resultados muestran la necesidad de más estudios empíricos en organizaciones, que aborden de forma precisa temáticas como los criterios de evaluación empleados para valorar el funcionamiento de las prácticas DevOps.

Palabras-clave: caracterización; prácticas; organizaciones de desarrollo de software; DevOps; ingeniería de software.

Characterization of DevOps practices in software development organizations: A systematic mapping

Abstract: DevOps is a set of software engineering practices that combine efforts from development and operations areas, with the aim of improving delivery time and software quality. The goal of this study is to characterize DevOps practices used by organizations that develop software. For this, we performed a systematic literature mapping covering the period 2015-2019. In total, 42 primary articles were included and analyzed. We identified and classified a total of 20 DevOps practices, 18 criteria to evaluate DevOps practices, 16 benefits and 19 challenges related to DevOps' adoption. Our results show the need for more empirical studies in organizations, which directly address issues like evaluation criteria to assess the operation of DevOps practices.

Keywords: characterization; practices; software development organizations; DevOps; software engineering.

1. Introducción

Los equipos de desarrollo de software a menudo buscan la mejor manera de avanzar con los objetivos de la organización y mantener una buena relación con sus usuarios. No solamente se preocupan por realizar las implementaciones de las características de los usuarios, sino que también buscan asegurar un flujo de trabajo frecuente y sin problemas (Kim, Debois, Willis, Humble & Allspaw, 2016).

DevOps combina las áreas de desarrollo y operaciones, proponiendo prácticas que ayudan a mejorar el proceso de entrega del software, reduciendo el tiempo de ciclo de desarrollo y entrega (Hüttermann, 2012). El enfoque de DevOps está centrado en la entrega del producto y el proceso de desarrollo, poniendo la gestión de los sistemas como un proceso de soporte para ello (Filipova & Vilão, 2018).

DevOps ha crecido en torno al movimiento ágil, y comparte muchos de sus principios, pero no son lo mismo. Los esfuerzos ágiles a menudo terminan en la fase de transición del desarrollo a las operaciones, sin embargo, DevOps trata de cubrir la entrega del software (envío del software a producción y su puesta en producción para los usuarios finales) (Hüttermann, 2012). DevOps integra prácticas que ayuden a disminuir el tiempo entre un cambio realizado en el sistema y la transferencia de ese cambio al ambiente de producción (Sánchez-Gordón & Colomo-Palacios, 2018).

Este estudio tiene como objetivo caracterizar las prácticas de DevOps utilizadas por las organizaciones que desarrollan software, los criterios empleados para evaluar su funcionamiento, así como los retos y beneficios asociados a su adopción en las organizaciones. Para lograr este objetivo, se realizó un mapeo sistemático de literatura, en el cual se analizaron 42 artículos publicados entre los años 2015 y 2019.

El resto del artículo está estructurado de la siguiente manera: la Sección 2 explica los conceptos necesarios para entender DevOps, la Sección 3 presenta trabajos relacionados en el área, la Sección 4 describe la metodología empleada para el mapeo sistemático, la Sección 5 muestra los resultados obtenidos, la Sección 6 discute los resultados, y la Sección 7 presenta las conclusiones.

2. Marco teórico

DevOps comenzó con una charla impartida por John Allspaw y Paul Hammond en la conferencia *O'Reilly Velocity* en el 2009 (Hüttermann, 2012). En esta charla los expositores se refirieron a la colaboración entre los desarrolladores y el personal de operaciones en Flickr. El término DevOps fue usado por primera vez en el evento *DevOpsDays* en Bélgica, el cual fue organizado por Patrick Debois. Desde ese momento, el término se empezó a utilizar en algunas empresas, pero su verdadero crecimiento despegó en el año 2012, cuando IBM liberó su primer ensayo de entrega continua *SmartCloud Continuous Delivery* (Hüttermann, 2012). Otro hito importante ocurrió en el 2013, con la publicación del libro *The Phoenix Project*, de Gene Kim, el cual trata sobre la necesidad de aumentar la velocidad de los proyectos para generar valor (Kim, Behr & Spafford, 2014).

Para Hüttermann (2012), el término DevOps hace referencia a una combinación de desarrollo (que representa a programadores, evaluadores y personal de control) y operaciones (que representa a administradores de sistemas, administradores de bases de datos y técnicos de redes). Por su parte, Bass, Weber y Zhu (2015) definen DevOps como las prácticas que reducen el tiempo entre la realización de un cambio en el código y su aplicación en el entorno de producción. Fitzgerald y Stol (2017) lo definen como la alineación del desarrollo de software con el despliegue del software en producción. Dyck, Penners y Lichter (2015) proponen que DevOps puede considerarse un enfoque organizacional que busca la buena comunicación y empatía entre los equipos.

En la actualidad se han reportado múltiples prácticas de DevOps que las organizaciones de desarrollo de software adoptan. Sharma (2017) propone una lista de prácticas y las clasifica en dos categorías: esenciales y capacidades de soporte (o extensiones). Las prácticas esenciales son aquellas consideradas como necesarias para la adopción de DevOps y se enfocan en minimizar el tiempo de ciclo. Estas incluyen la integración y la entrega continuas. Por otro lado, las prácticas de soporte permiten habilitar y mantener las prácticas esenciales. Esta categoría incluye prácticas como la configuración de infraestructura como código, retroalimentación continua, planeamiento continuo, desarrollo colaborativo y priorización de tareas (*shift-left*).

3. Trabajo relacionado

En esta sección presentamos trabajos relacionados que abordan la temática de DevOps en organizaciones de desarrollo de software, los cuales incluyen mapeos y revisiones sistemáticas de literatura.

Erich, Amrit y Daneva (2014) realizaron una revisión de literatura con 25 artículos, donde concluyeron que las organizaciones debían cambiar su estructura para soportar DevOps. Jabbari, bin Ali, Petersen y Tanveer (2016) condujeron una revisión sistemática de literatura donde analizaron las prácticas, beneficios y retos de DevOps, llegando a la conclusión de que existían inconsistencias en la definición de DevOps. Los mismos autores hicieron una actualización de su estudio secundario, donde incluyeron un análisis de dependencias entre las prácticas de DevOps (Jabbari, bin Ali, Petersen y Tanveer, 2018). En dicha actualización, se concluye que son necesarios más estudios que realicen una validación empírica del uso de DevOps.

Ghantous y Gill (2017) estudiaron las prácticas de DevOps mediante una revisión de literatura orientada a herramientas, beneficios y retos. Ellos concluyeron que las organizaciones muestran un interés significativo en DevOps, pero que no tienen claridad y comprensión de los conceptos, prácticas, herramientas, beneficios y desafíos subyacentes de DevOps. Guerrero, Certuche, Zúñiga y Pardo (2019) realizaron un estudio donde analizaron el conocimiento actual sobre DevOps en empresas de desarrollo de software. Los autores concluyeron que DevOps es un campo reciente y que es necesario elaborar una guía que facilite su comprensión. Por su parte, Lwakatere et al. (2016) analizaron la relación entre DevOps y el movimiento ágil mediante una revisión de literatura. Ellos concluyeron que DevOps puede considerarse una evolución del movimiento ágil, e indicaron que eran necesarios más estudios empíricos con evidencia en contextos reales.

La mayoría de los estudios concuerdan en que se requiere más investigación en el campo de DevOps, y que son necesarios estudios empíricos que reporten la experiencia real de las organizaciones implementando DevOps. Este estudio busca realizar una actualización respecto a estudios anteriores en el área de prácticas, beneficios y retos de DevOps. Además, nuestro estudio analiza los criterios usados por las organizaciones para evaluar el funcionamiento de las prácticas de DevOps, lo cual no había sido abordado previamente. Por ende, creemos que este estudio contribuye a ampliar la evidencia existente de estudios empíricos en el área, y ofrece información a las organizaciones que les puede servir para tomar decisiones informadas sobre la adopción de las prácticas de DevOps en contextos particulares.

4. Metodología

Para realizar el mapeo sistemático de la literatura, se utilizaron los lineamientos establecidos por Petersen, Vakkalanka & Kuzniarz (2015). El objetivo de este estudio, formulado con el modelo GQM (Basili, Caldiera & Rombach, 1994), fue *analizar* las prácticas de DevOps *con el propósito* de caracterizarlas *con respecto a sus métricas* de evaluación, retos y beneficios de su adopción *desde el punto de vista del investigador, en el contexto* de organizaciones que desarrollan software. Para guiar este estudio, se definieron las siguientes preguntas de investigación:

- **RQ1.** ¿Cuáles prácticas de DevOps se han utilizado en el contexto de organizaciones que desarrollan software?
- **RQ2.** ¿Cuáles criterios se han utilizado para evaluar el funcionamiento de las prácticas de DevOps en el contexto de organizaciones que desarrollan software?
- **RQ3.** ¿Cuáles han sido los beneficios reportados de la adopción de las prácticas de DevOps en organizaciones que desarrollan software?
- **RQ4.** ¿Cuáles han sido los retos reportados de la adopción de las prácticas de DevOps en organizaciones que desarrollan software?

4.1. Estrategia de búsqueda y proceso de selección de estudios

Primeramente, se realizó una búsqueda exploratoria para identificar estudios relevantes, que fueron usados como artículos de control. Los artículos de control identificados fueron los siguientes: Perera, Bandara & Perera (2016), Riungu-Kalliosaari, Mäkinen, Lwakatara, Tiihonen & Männistö (2016), y Senapathi, Buchan & Osman (2018). A partir del objetivo planteado, las preguntas de investigación, y los términos clave extraídos del título y del resumen de los artículos de control, se construyó la versión inicial de la cadena de búsqueda. También se utilizó el modelo PICO (Población, Intervención, Comparación, Salidas) en el proceso de construcción de la cadena de búsqueda. La cadena final, que se muestra a continuación, fue producto de un proceso de refinamiento que incluyó varias pruebas piloto para reducir el ruido.

(“software organization” OR “software develop*” OR “industr*”) AND
 (“DevOps*”) AND (“practices*” OR “evaluation*” OR “challeng*” OR “benefit*”)

Las búsquedas automatizadas se realizaron en las bases de datos SCOPUS, IEEE Xplore, Springer, y Web of Science. Se buscaron los términos de la cadena contra el título, el

resumen o las palabras clave de los artículos. El protocolo base del mapeo se desarrolló de marzo a mayo del 2019, la búsqueda automatizada se realizó en junio del 2019, y los estudios se analizaron entre junio y setiembre del 2019.

El número de estudios recuperado para cada base de datos fue: 178 en *Scopus*, 128 en *IEEE Xplore*, 197 en *Springer* y 37 en *Web of Science*. Los artículos fueron tabulados en MS Excel para los procesos de selección, evaluación y extracción de datos. Se eliminaron los duplicados, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión (I/E) y finalmente se hizo la extracción y el análisis de los resultados. Tras la eliminación de duplicados, se obtuvo un conjunto de 443 estudios. El proceso de I/E se hizo con base en el título y el resumen de los artículos (cuando hubo duda, se hizo lectura completa del artículo). Se excluyeron publicaciones que cumplieran con la fórmula (E1 OR E2) y se incluyeron los que cumplieran con la fórmula (I1 AND I2 AND I3), según los criterios de la Tabla 1.

Criterios de Inclusión	Criterios exclusión
I1: Estudios en idioma inglés.	E1: Estudios que no estén disponibles en texto completo.
I2: Estudios que incluyan prácticas de DevOps en el contexto de organizaciones que desarrollan software.	E2: Estudios terciarios y secundarios.
I3: Estudios del área de Ingeniería del Software.	

Tabla 1 – Criterios de inclusión y exclusión.

A partir de la estrategia de búsqueda y el proceso de selección, se obtuvo un total de 45 artículos, como se ilustra en la Figura 1. Cabe destacar que solamente un artículo (Bruza & Reith, 2018) que pudo ser incluido fue descartado por no estar disponible en texto completo.

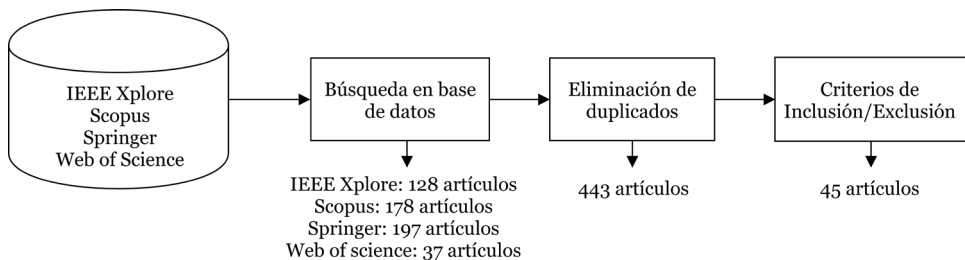


Figura 1 – Proceso de selección de estudios.

La lista completa de los estudios incluidos y analizados puede consultarse en el enlace: <https://tinyurl.com/y3ef5dxj>.

4.2. Evaluación de calidad

La evaluación de la calidad de los estudios se realizó para determinar el nivel de detalle ofrecido sobre los aspectos de interés del análisis y basado en las preguntas de

investigación. Los criterios de calidad establecidos para la evaluación de los artículos fueron los siguientes:

- **Q1:** ¿El artículo describe detalladamente las prácticas de DevOps implementadas dentro de la organización?
- **Q2:** ¿El artículo describe detalladamente criterios para evaluar el funcionamiento de las prácticas de DevOps implementadas dentro de la organización?
- **Q3:** ¿El artículo menciona beneficios obtenidos al implementar prácticas de DevOps en la organización?
- **Q4:** ¿El artículo menciona los retos resultantes de la implementación de prácticas de DevOps en la organización?

La puntuación para cada criterio de calidad se asignó de acuerdo con la escala de 0-2 donde: 0 = No cumple el criterio en lo absoluto, 1 = Parcialmente y 2 = Totalmente. Al aplicar los criterios de calidad, 42 artículos obtuvieron un valor de calidad superior a cero y 3 artículos obtuvieron un valor calidad de cero, ocasionando que fueran descartados. Los valores de calidad obtenidos por los estudios variaron entre 0 y 4, con una mediana de 1 y un promedio de 1,17, lo que indica que los estudios requieren un mayor nivel de detalle. La puntuación obtenida por cada estudio en los criterios de evaluación Q1-Q4 se puede consultar en: <https://tinyurl.com/y3ef5dxj>.

4.3. Extracción y análisis de los datos

Para los 42 artículos incluidos, se extrajeron los elementos listados en la Tabla 2. El formulario de extracción completo está disponible en <https://tinyurl.com/y3ef5dxj>.

Categoría	Elementos de datos
Información básica	Identificador, código de referencia, referencia, año, autores, título
Características del estudio	Contexto en el que se usa, involucrados en la práctica y herramientas asociadas
Tipo de estudio	Encuesta, caso de estudio, experimento y cuasiexperimento
Base de datos	SCOPUS, IEEE Xplore, Springer, Web of Science
Preguntas de investigación	Prácticas de DevOps (RQ1), criterios de evaluación para DevOps (RQ2), beneficios de adoptar DevOps (RQ3) y retos de adoptar DevOps (RQ4)
Criterios de calidad	Puntuación para los criterios de calidad Q1, Q2, Q3, Q4

Tabla 2 – Elementos del formulario de extracción.

4.4. Amenazas a la validez

La cadena de búsqueda utilizada en este estudio fue definida a partir de una búsqueda exploratoria en bases de datos y un conjunto de artículos de control. Las bases de datos seleccionadas son reconocidas por tener una buena cobertura de información en el campo de ingeniería de software. Durante el proceso de inclusión o exclusión, si existían dudas sobre un artículo específico, se procedió a su lectura completa.

Las clasificaciones presentadas en este estudio, así como la interpretación de los resultados, se realizaron usando el criterio experto del investigador, lo cual representa una amenaza a la validez. Además, la aplicación de los criterios de calidad fue realizada

por un solo investigador y supone una amenaza a la validez. Se reportó todo el proceso (protocolo) de forma detallada para facilitar su análisis y utilización en estudios posteriores.

5. Resultados

Los artículos analizados en este estudio se identifican con el código S1 a S42, según se detalla en el enlace: <https://tinyurl.com/y3ef5dxj>. A continuación, se presentan los resultados del mapeo sistemático de literatura correspondientes a cada pregunta de investigación. En particular, se presentan las prácticas de DevOps encontradas, los criterios de evaluación para estas prácticas, y los beneficios y retos de adoptar prácticas de DevOps.

5.1. Prácticas de DevOps reportadas en organizaciones

La Tabla 3 lista las 20 prácticas de DevOps identificadas en los estudios primarios, así como los procesos asociados. Para su categorización utilizamos el estándar ISO 12207-2008, que está dedicado a describir los procesos, actividades y tareas del ciclo de vida del software (Galín, 2017).

De la Tabla 3 se puede observar que las prácticas más reportadas son integración y entrega continua (13 en total), ambas pertenecientes a los procesos de implementación y soporte del software respectivamente. Cabe mencionar que las prácticas asociadas a procesos de soporte son las que más reportan las organizaciones (7 en total).

Proceso	Prácticas	Estudios	Cantidad de estudios
Procesos de proyecto	Planificación de la continuidad del negocio	S1	1
	Manejo de métricas claves de rendimiento	S1, S3	2
	Monitoreo automatizado	S1, S7, S16, S18, S37, S39	6
	Monitoreo continuo	S2, S7, S16, S18, S29, S38	6
	Planificación continua	S13, S18, S38	3
	Retroalimentación continua	S18, S29, S38	3
Procesos técnicos	Participación de interesados	S2	1
	Definición de requisitos o historia de usuario	S2, S17, S19	3
Procesos de implementación del software	Integración continua	S1, S2, S6, S7, S8, S9, S15, S18, S21, S22, S23, S36, S38	13
	Pruebas automatizadas	S1, S2, S8, S12, S18, S23, S26, S30, S39, S42	10
	Priorización de tareas o pruebas (<i>Shift-Left</i>)	S10	1
	Pruebas continuas	S18, S24, S38	3

Proceso	Prácticas	Estudios	Cantidad de estudios
Procesos de soporte del software	Despliegue automatizado	S1, S2, S5, S6, S10, S12, S13, S14, S18, S22, S23	11
	Infraestructura como código	S1, S2, S13, S16, S18, S22, S41	7
	Replicación del entorno de producción	S1, S2, S16, S25	4
	Despliegue continuo	S1, S6, S7, S8, S9, S15, S16, S18, S22, S32	10
	Entrega continua	S2, S8, S9, S18, S20, S21, S22, S23, S25, S26, S28, S38, S41	13
	Desarrollo colaborativo	S18	1
	Automatización de licencias de software	S39	1
	Automatización de revisión de código	S39	1

Tabla 3 – Prácticas de DevOps identificadas en los estudios, y procesos asociados.

En la Figura 2 se muestran las prácticas de DevOps utilizadas por las organizaciones a través del tiempo, categorizadas según los procesos del ciclo de vida del software.

De la Figura 2 se puede observar que las prácticas asociadas a procesos de soporte del software han tenido un mayor crecimiento en los últimos dos años, en comparación con prácticas de otros procesos. También observamos que las prácticas relacionadas con procesos técnicos apenas han empezado a reportarse recientemente, y en poca cantidad.

5.2. Criterios de evaluación para las prácticas de DevOps

Únicamente 9 estudios abordan el tema de criterios de evaluación para las prácticas de DevOps (S1, S12, S15, S24, S26, S27, S29, S30, y S38). Los criterios identificados para evaluar el funcionamiento de las prácticas de DevOps en las organizaciones se muestran en la Tabla 4.

Estos criterios fueron clasificados según el objeto de medición: dinero, cantidad, tiempo u otro. Aquellos estudios cuyos criterios no se pudieron categorizar a un objeto de medición, se colocaron en la categoría “otros”. Los criterios más reportados fueron los que miden el tiempo (6 en total) y los que miden “otros” objetos (6 también).

Objeto de medición	Criterios de evaluación de las prácticas de DevOps	Cantidad de estudios
Tiempo	Tiempo transcurrido entre la implementación en diferentes entornos (S12). Tiempo de cola para compilaciones/lanzamientos (S15). Tiempo de comercialización de nuevas funciones (S30). Tiempo de ejecución (S24). Tiempo transcurrido entre el inicio de una idea y su disponibilidad como un servicio para los clientes (S26). Tiempo de implementación y frecuencia (S30). Tiempo medio para recuperación (S30). Tiempo de entrega (S38).	6

Objeto de medición	Criterios de evaluación de las prácticas de DevOps	Cantidad de estudios
Cantidad	Número máximo de despliegues diarios y semanales (S1). Número de problemas que se planearon solucionar en una iteración (S26).	2
Dinero	Gastos económicos (S30)	1
Otros	Experiencia real en la adopción de DevOps mediante grupos focales (S1). Efectividad respecto a la detección de fallas (S24). Calidad del software (S27). Capacidad de respuesta a las necesidades empresariales (S27). Previsibilidad (S38). Nivel de madurez (S29). Productividad del desarrollador (S30).	6

Tabla 4 – Criterios identificados para evaluar el funcionamiento de las prácticas de DevOps, agrupados por objeto de medición.



Figura 2 – Prácticas de DevOps en el tiempo, agrupadas por proceso.

5.3. Beneficios de adoptar las prácticas de DevOps

Producto de la adopción de las prácticas de DevOps, las organizaciones han identificado un total de 17 beneficios. La Tabla 5 lista los beneficios reportados por dos o más estudios.

Beneficio de DevOps	Estudios	Cantidad
Mejora en la calidad del software	S2, S11, S26, S34	4
Colaboración y comunicación mejoradas	S18, S34, S35	3
Mejoras los costos	S11, S19, S22	3
Mejora de la productividad del trabajo de operaciones	S2, S22	2
Mejora el tiempo de comercialización	S11, S26	2
Incremento en la frecuencia de despliegue	S18, S22	2
Mejora respuesta ante situaciones	S11, S22	2

Tabla 5 – Beneficios reportados por las organizaciones al adoptar prácticas de DevOps.

Los siguientes beneficios fueron reportados solo por un estudio: mejora la velocidad de entrega de cambios de software (S2), mejora en la cultura organizacional y mentalidad (S2), mejora la calidad de equipos (S11), enfoque de negocios amigables (S11), mejora la retroalimentación del cliente (S22), mayor cantidad de características implementadas y lanzamientos frecuentes (S34), maximización de capacidades (S34), visibilidad mejorada de las características implementadas para el cliente (S34), pruebas con clientes reales (S34) y generación un ambiente de bienestar en los equipos (S34). La mejora en la calidad del software se posiciona como el principal beneficio reportado. Es interesante observar que tres de los beneficios reportados están enfocados al cliente, lo que deja ver que DevOps no solo está ayudando a lo interno de las organizaciones sino también a sus clientes.

5.4. Retos de adoptar las prácticas de DevOps

Un total de 19 retos fueron identificados, producto de la adopción de las prácticas de DevOps en las organizaciones La Tabla 6 muestra los retos que fueron reportados en dos o más estudios. La organización y cultura de los empleados figura como el principal desafío para la adopción de DevOps, es decir, el principal reto actualmente es el factor humano.

Los retos reportados por un solo estudio son: comprensión interna de DevOps (S1), seguridad de la información (S1), problemas regulatorios en organizaciones (S1), distancia física de los equipos (S1), equilibrio entre velocidad y calidad (S2), calidad de las pruebas (S3), múltiples definiciones para el término DevOps (S31), comunicación insuficiente (S34), restricciones de la industria (S34), ambientes heterogéneos (S34), evolución acelerada de DevOps (S34) y configuración de la infraestructura (S36).

Fue interesante encontrar que la recolección de métricas en aplicaciones y la dificultad de monitoreo destacaran como retos, pues en la sección 5.3 vimos que hay pocos estudios (9 en total) que abordan criterios de evaluación, lo cual es consecuente con que las organizaciones reporten la recolección de métricas (y su monitoreo) como un reto.

Retos de DevOps	Estudios	Cantidad
Organización y cultura de los empleados	S22, S27, S32, S33, S34, S35, S40	7
Altas habilidades y demandas de conocimiento	S2, S4, S6, S26, S32	5
Tensión entre equipos de software y operaciones	S3, S26, S32, S35	4
Recolección de métricas en aplicaciones	S1, S7, S26	3
Insuficiencias en la automatización de la infraestructura	S2, S40	2
Limitaciones de recursos en proyectos	S2, S26	2
Dificultades en el monitoreo	S2, S33	2

Tabla 6 – Retos reportados por las organizaciones al adoptar DevOps.

6. Discusión

DevOps es una metodología relativamente nueva, sin embargo, sus prácticas sí están siendo utilizadas por las organizaciones. La entrega e integración continua son las prácticas más comunes y forman parte de los procesos implementación y de soporte del software, respectivamente. Los resultados muestran que las prácticas relacionadas a los procesos de soporte del software están teniendo un crecimiento acelerado en los últimos años.

Respecto a los criterios de evaluación, se observó que aún no hay consenso en las organizaciones respecto a cómo medir el funcionamiento de las prácticas de DevOps. Adicionalmente, los resultados dejaron en evidencia la poca información que aún se tiene sobre este tema, ya que solamente 9 estudios reportaron criterios. Aun así, se observó que el criterio más importante para las organizaciones es el tiempo. Uno de los principios de DevOps es la reducción del tiempo, sin embargo, la reducción del tiempo podría ocasionar el sacrificio de la calidad del software. El beneficio más común reportado por las empresas es la mejora en la calidad del software, por lo que parece que las empresas han logrado un equilibrio entre tiempo y calidad.

Las capacidades de los colaboradores son el reto más importante que debe enfrentar DevOps, según las organizaciones. La organización y cultura de los empleados, junto con el nivel de conocimiento y habilidades que poseen, son los retos más comunes. Por ello, el trabajo DevOps debería enfocarse en que los equipos sean capacitados de la mejor forma posible, ya que esto podría ayudar a solucionar otros retos como la cultura organizacional y la falta de capacidades técnicas del personal.

7. Conclusiones

Este estudio reporta los resultados de un mapeo sistemático de literatura sobre prácticas de DevOps, que analiza 42 artículos primarios publicados entre los años 2015 y 2019. El objetivo del estudio fue mostrar el estado de las prácticas de DevOps en el contexto de organizaciones que desarrollan software, considerando criterios de evaluación, beneficios y retos. Un total de 20 prácticas, 18 criterios de evaluación, 16 beneficios y 19 retos fueron identificados y clasificados.

Encontramos que existen pocos estudios que aborden el tema de los criterios de evaluación para las prácticas de DevOps. Respecto a los beneficios de adoptar prácticas de DevOps, se identificó que las organizaciones han logrado aumentar la calidad del software que producen. Sin embargo, el principal reto que enfrenta la adopción de DevOps es el factor humano.

Uno de los principales hallazgos es que las prácticas de soporte son las que tienen mayor tendencia de uso en las organizaciones, posiblemente porque el área de operación tiene una mayor carga de trabajo. Otro hallazgo importante es que las organizaciones reportan el aumento en la calidad del software como el principal beneficio de DevOps. Esto es interesante considerando que DevOps se enfoca en reducir tiempos, por lo que se podría suponer que las organizaciones han logrado un balance entre reducción de tiempo y calidad de software.

Como trabajo futuro, se plantea realizar una encuesta a organizaciones que desarrollan software a nivel nacional, con el fin de comparar los resultados arrojados por este mapeo de literatura contra el estado de las prácticas de DevOps en el contexto nacional. Esto ayudaría a identificar tendencias locales, posibles necesidades de capacitación en DevOps, y oportunidades de mejora relacionadas con las prácticas de DevOps y su impacto en las organizaciones. Otra posible línea de investigación futura es el mapeo de herramientas de apoyo a las prácticas de DevOps, aspecto que no fue abordado en esta investigación.

Referencias

- Basili, V. R., Caldiera, G. & Rombach, D. H. (1994). The Goal Question Metric Approach. En *Encyclopedia of Software Engineering*.
- Bass, L., Weber, I. & Zhu, L. (2015). *DevOps: a software architect's perspective*. Old Tappan, NJ: Addison-Wesley.
- Bruza, M., & Reith, M. (2018). Teaming with silicon valley to enable multi-domain command and control. En *Proceedings of the 13th International Conference on Cyber Warfare and Security, ICCWS 2018, 2018-March 663-667*. Recuperado desde www.scopus.com
- Dyck, A., Penners, R., & Lichter, H. (2015). Towards Definitions for Release Engineering and DevOps. En *2015 IEEE/ACM 3rd International Workshop on Release Engineering*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/releng.2015.10>
- Erich, F., Amrit, C., & Daneva, M. (2014). Cooperation between information system development and operations. En *Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement - ESEM '14*. ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2652524.2652598>
- Filipova, O. & Vilão, R. (2018). *Software development from A to Z : a deep dive into all the roles involved in the creation of software*. New York: Apress.
- Fitzgerald, B., & Stol, K.-J. (2017). Continuous software engineering: A roadmap and agenda. *Journal of Systems and Software*, 123, 176-189. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.06.063>

- Galin, D. (2017). *Software quality: concepts and practice*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, IEEE Press.
- Ghantous, G. & Gill, A. (2017). *DevOps: Concepts, Practices, Tools, Benefits and Challenges*. PACIS 2017 Proceedings. Recuperado desde <http://aisel.aisnet.org/pacis2017/96>
- Guerrero, J., Certuche, C., Zúñiga, K., & Pardo, C. (2019). What is there about DevOps? Preliminary Findings from a Systematic Mapping Study. XIV Jornadas Iberoamericanas De Ingenieria De Software e Ingenieria Del Conocimiento.
- Hüttermann, M. (2012). *DevOps for developers*. Berkeley, CA: Apress.
- Jabbari, R., bin Ali, N., Petersen, K., & Tanveer, B. (2016). What is DevOps? En Proceedings of the Scientific Workshop Proceedings of XP2016 on - XP '16 Workshops. ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2962695.2962707>
- Jabbari, R., bin Ali, N., Petersen, K., & Tanveer, B. (2018). Towards a benefits dependency network for DevOps based on a systematic literature review. *Journal of Software: Evolution and Process*, 30(11), e1957. <https://doi.org/10.1002/smr.1957>
- Kim, G., Behr, K. & Spafford, G. (2014). *The Phoenix project: a novel about IT, DevOps, and helping your business win*. Portland, Oregon: IT Revolution Press.
- Kim, G., Debois, P., Willis, J., Humble, J. & Allspaw, J. (2016). *The DevOps handbook: how to create world-class agility, reliability, & security in technology organizations*. Portland, OR: IT Revolution Press, LLC.
- Lwakatare, L. E., Karvonen, T., Sauvola, T., Kuvaja, P., Olsson, H. H., Bosch, J., & Oivo, M. (2016). Towards DevOps in the Embedded Systems Domain: Why is It So Hard? En 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). IEEE. <https://doi.org/10.1109/hicss.2016.671>
- Perera, P., Bandara, M., & Perera, I. (2016). Evaluating the impact of DevOps practice in Sri Lankan software development organizations. En 2016 Sixteenth International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ictcr.2016.7829932>
- Petersen, K., Vakkalanka, S., & Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007>
- Riungu-Kalliosaari, L., Mäkinen, S., Lwakatare, L. E., Tiihonen, J., & Männistö, T. (2016). DevOps Adoption Benefits and Challenges in Practice: A Case Study. En *Product-Focused Software Process Improvement* (pp. 590–597). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49094-6_44
- Sánchez-Gordón, M., & Colomo-Palacios, R. (2018). Characterizing DevOps Culture: A Systematic Literature Review. En *Communications in Computer and Information Science* (pp. 3–15). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00623-5_1

Senapathi, M., Buchan, J., & Osman, H. (2018). DevOps Capabilities, Practices, and Challenges. En Proceedings of the 22nd International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering 2018 - EASE'18. ACM Press. <https://doi.org/10.1145/3210459.3210465>

Sharma, S. (2017). *The DevOps adoption playbook: a guide to adopting DevOps in a multi-speed IT enterprise*. Indianapolis, IN: Wiley.