

Factores asociados a prácticas de desarrollo y pruebas de *software* en Costa Rica: Un estudio exploratorio

Christian Quesada-López, Marcelo Jenkins

Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica
{cristian.quesadalopez, marcelo.jenkins}@ucr.ac.cr

Resumen. La industria de desarrollo de *software* costarricense se desenvuelve en entornos cambiantes y competitivos. Para enfrentar los continuos desafíos adoptan distintas prácticas ingenieriles que les permitan cumplir las metas de calidad establecidas e incrementar la productividad. Este estudio realiza un análisis cruzado de factores entre las prácticas de ingeniería de *software* utilizadas en la industria versus los factores demográficos de los profesionales. Para esto, exploramos las relaciones y patrones identificados para las prácticas de desarrollo y pruebas de *software*. Nuestro análisis considera las respuestas de 135 profesionales que participaron en una encuesta basada en el cuerpo de conocimiento en la ingeniería del *software* (*SWEBOK*). En nuestra investigación encontramos que no existe una asociación significativa entre el tamaño de la organización y las metodologías de desarrollo. Además, un conjunto de asociaciones identificadas con distintos factores de contexto son discutidas. Los resultados sugieren que las organizaciones y sus equipos de desarrollo adaptan las prácticas ingenieriles en sus procesos de acuerdo a las necesidades específicas y el contexto de negocios en el que desarrollan sus proyectos. Se requieren estudios similares que analicen las tendencias de uso y adopción de las prácticas de la ingeniería del *software* en distintos contextos.

Palabras clave. Análisis cruzado de factores, prácticas en la industria, proceso de desarrollo y pruebas, Costa Rica, encuesta, ingeniería de *software*.

1 Introducción

En la actualidad existe una gran cantidad de prácticas ingenieriles que las organizaciones de desarrollo de *software* pueden adoptar para enfrentar los continuos desafíos a los que se enfrentan [1, 2]. Estas organizaciones se desenvuelven en entornos cambiantes y competitivos [2] en los cuales deben cumplir metas de calidad establecidas e incrementar su productividad [3]. Para entender las prácticas y técnicas en la industria es necesario explorar los factores que afectan cuando los profesionales las utilizan, además del nivel de éxito que estas les proveen [1]. El estudio de estos factores permite un mejor entendimiento de cómo cada una de las prácticas se adaptan a los distintos ambientes de operación. Por ejemplo, como los ingenieros de *software* adoptan distintos procesos de desarrollo de acuerdo a su contexto de negocio [4]. La caracterización y entendimiento de los factores asociados a las prácticas utilizadas en la industria puede

ayudar a los profesionales e investigadores en el mejoramiento de los retos que enfrenta la ingeniería del *software* en la práctica [1].

El objetivo de este estudio es explorar los factores demográficos asociados a las prácticas de la ingeniería del *software* (SE) utilizadas en la industria. Para esto se realiza un análisis de las relaciones y patrones identificados entre las prácticas de desarrollo y pruebas de *software* y los distintos factores demográficos de los profesionales. Asimismo, nuestro estudio analiza la asociación entre estas prácticas ingenieriles. El análisis se realiza bajo un enfoque exploratorio [5]. Los datos para este estudio incluyen las respuestas de 135 profesionales de la ingeniería del *software* en Costa Rica que participaron en una encuesta [3] basada en el cuerpo de conocimiento en la ingeniería del *software* (*SWEBOOK*) [6, 7]. En dicha encuesta se reportó el análisis individual de las prácticas de la ingeniería del *software*. El análisis realizado en este trabajo se basa en los estudios reportados en [1, 8] y compara algunas de las tendencias reportadas previamente en dichos estudios.

La estructura de este artículo es la siguiente: la Sección 2 discute brevemente los trabajos relacionados, la Sección 3 describe el diseño del estudio, los resultados obtenidos se presentan en la Sección 4. La Sección 5 resume los resultados y discute las lecciones aprendidas y finalmente, la Sección 6 presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

2 Trabajo relacionado

Múltiples estudios han realizado análisis de factores asociados a las prácticas de la ingeniería del *software* en la industria [1]. Blackburn et al. [9] analizan factores asociados en la velocidad y productividad de los desarrolladores tales como las fases del ciclo de desarrollo y el tamaño de los equipos. Herbsleb et al. [10] analizan los factores relacionados entre los retrasos en las solicitudes de modificaciones y el número de involucrados, la magnitud de los cambios y su tamaño y severidad. Jiang et al. [11] analizan 15 factores de desempeño en los proyectos y su relación con la madurez de los procesos de desarrollo. Los autores analizan los datos recolectados de ingenieros de *software* y reportan las actividades con mayor influencia en la madurez de los procesos. Chow et al. [12] realizan un estudio con datos de 109 proyectos ágiles para identificar los factores asociados al éxito percibido en proyectos de desarrollo ágiles. Los resultados sustentan 10 hipótesis que determinan dichos factores de éxito.

Dagenais et al. [13] analizan las características de los proyectos con los cuales se enfrentan los desarrolladores al incorporarse en un nuevo proyecto. Los autores analizan los datos de 18 profesionales e identifican las principales características de un nuevo proyecto junto con los aspectos clave de orientación para finalmente determinar los principales aspectos que impactan su integración a los proyectos. Garousi et al. [1] analizan las asociaciones de múltiples factores demográficos en el uso de las prácticas de ingeniería del *software* en la industria. Los autores analizan las respuestas de 202 participantes e identifican relaciones entre factores de la organización, tipos de proyectos, perfil de los participantes y las prácticas en la industria tales como la relación entre el tamaño de las organizaciones y las metodologías de desarrollo. Kuhrmann et al. [2]

realizan un estudio enfocado metodologías de desarrollo de *software* híbridas y analizan factores de contexto asociados al uso y combinación de las distintas metodologías. Los autores examinan las respuestas de 69 participantes y determinan que no existe relación entre distintos factores de contexto y las metodologías de desarrollo híbridas utilizadas. Akdur et al. [14] analizan las prácticas de modelado versus factores demográficos en la industria de *software* embebido. Los autores recolectaron datos de 627 participantes y determinaron las principales relaciones con las prácticas de modelado.

Nuestro estudio se basa en el reportado en [1] y se limita al análisis de un subconjunto de las prácticas de ingeniería versus factores demográficos que agregan evidencia para la caracterización de las prácticas de desarrollo y pruebas en la industria.

3 Descripción del estudio

Este estudio explora las relaciones y patrones identificados entre las prácticas de la ingeniería del *software* utilizadas en la industria y distintos factores demográficos de los profesionales. El estudio es una replicación parcial externa, sin interacción con los investigadores originales, en la industria de *software* de Costa Rica que se basa en el estudio publicado en [1] y considera las recomendaciones detalladas en [2]. El estudio incluye el análisis de factores para los datos recolectados en la encuesta publicada en [3] y su comparación con estudios previos [1, 2].

El objetivo del estudio es explorar los factores asociados a las prácticas de desarrollo y pruebas de la ingeniería del *software* utilizadas en la industria de *software* costarricense. Con base en este objetivo, se definen las siguientes preguntas de investigación:

- RQ1. ¿Cuál es la relación entre las metodologías de desarrollo de *software* y los factores demográficos de los profesionales?
- RQ2. ¿Cuál es la relación entre las prácticas de pruebas del *software* y los factores demográficos de los profesionales?

Las preguntas de investigación se basan en un subconjunto de las presentadas en [1, 2] que investigan factores potenciales que pueden relacionarse entre factores demográficos de los profesionales y las prácticas de la ingeniería del *software*. Las RQ's se clasifican en la categoría de "Relación" <<¿Está el factor X relacionado con el factor Y?>> [15]. El Cuadro 1 muestra los factores demográficos recolectados en la encuesta y que son considerados para este estudio. El Cuadro 2 detalla las relaciones estudiadas para cada una de las preguntas de investigación. El Cuadro 1 y Cuadro 2 representan las secciones de la encuesta realizada en [3] que son de interés para este estudio. Las prácticas de la ingeniería del *software* para las cuales se analiza su relación con factores demográficos se encuentran marcadas con (x). El detalle del estudio original que detalla el cuestionario se encuentra en el reporte técnico descrito en [3].

Diseño del instrumento de encuesta. Se diseñó un cuestionario electrónico basado en el instrumento propuesto en [1, 8] y la estructura del *SWEBOK* [6, 7]. Los datos para este estudio incluyen las respuestas de 135 profesionales de la ingeniería del *software* en Costa Rica que participaron en la encuesta reportada en [3].

Cuadro 1 Factores demográficos considerados en el estudio

No.	Per.	Pregunta	Esc.	#	No.	Per.	Pregunta	Esc.	#
1	PO	Sector	SM	18	5	PY	Tipos	SU	4
2	PO	Tamaño	SU	9	6	PY	Tipo de cliente	SU	4
3	PO	Capital	SM	3	7	PY	Software desarrollado	SM	5
4	PO	Unidad de proyectos	YN						

Perfil: PO = Organización, PY = Proyectos. Escala: SM= Selección múltiple, SU= Selección única, YN=Si/No.

Procedimiento de recolección de datos. El cuestionario electrónico fue puesto en línea mediante la herramienta *LimeSurvey* durante 4 meses, de julio a octubre del 2016. Para la selección de los participantes se utilizó un muestreo no probabilístico, donde los participantes fueron contactados por medios electrónicos y participaron de manera voluntaria y anónima. El muestreo por conveniencia [16] es uno de los más utilizados en el área de la ingeniería del *software*. Todos los participantes fueron invitados por medio de distintas instituciones relacionadas con la industria de *software* en Costa Rica.

Procedimiento de análisis. Se utilizaron distintos métodos para responder las preguntas de investigación. Para todas las preguntas se utilizaron estadísticas descriptivas y se aplicaron pruebas de hipótesis. Se realizaron las pruebas estadísticas *Pearson's χ^2* ($p \leq 0.05$) para analizar la asociación entre variables que se encuentran en escala categórica y *Spearman's rank correlation* ($p \leq 0.05$) para analizar la correlación entre variables con escala de intervalo y ordinal. Nuestras pruebas estadísticas fueron realizadas de acuerdo con las recomendaciones presentadas en [1, 2].

Amenazas a la validez. Las limitaciones en nuestro estudio son las comúnmente reportadas en estudios de encuesta en el área de la ingeniería de *software* [1, 2, 3, 8]. *Validez de la conclusión.* Para cada pregunta de investigación se realizó un procesamiento de datos estadístico y trazable a través de la información analizada. Cuando se ejecutan las pruebas de hipótesis, el estudio está sujeto al problema del *multiple testing*. En nuestro estudio no se aplican correcciones de la tasa de error para múltiples pruebas lo que constituye una amenaza a la validez. Los análisis estadísticos para cada uno de los factores se analizan por separado. *Validez interna.* El sesgo de la selección de los participantes es una amenaza por ser una muestra a conveniencia no aleatoria. Nuestros participantes fueron invitados por correo electrónico mediante las principales instituciones que tienen relación con el área de estudio. Se enviaron recordatorios periódicos a los participantes y se permitió guardar la encuesta para continuar su llenado posteriormente. La participación del sector privado fue limitada (organizaciones pequeñas y transnacionales), al igual que la participación de ingenieros jóvenes. Durante el llenado del cuestionario, algunos participantes dejaron preguntas sin responder y otros abandonaron el cuestionario. Después del pre procesamiento de datos, se analizan las respuestas de 135 profesionales, 48% de las respuestas originales. Los resultados que se reportan se basan en todas las respuestas incluyendo las respuestas parciales. *Validez del constructo.* Se utilizó el *SWEBOK* y se procesaron los datos de acuerdo a las recomendaciones e instrumentos recomendados en [1, 8]. Los instrumentos fueron validados en el contexto de la industria de *software* costarricense, dado que este estudio utilizó los

instrumentos validados en [1, 8] no se realizaron validaciones adicionales a las preguntas del cuestionario. La invitación indicó explícitamente que la participación era anónima y los resultados serían publicados de manera agregada sin afectar la privacidad. *Validez externa.* Se aplicaron diferentes estrategias para minimizar el sesgo de la población. Sin embargo, los resultados solo pueden generalizarse a los datos demográficos que se describen. Los resultados no pueden generalizarse sin realizar un análisis crítico que los evalúe de acuerdo con las características de los profesionales y de las organizaciones específicas. Los resultados deben ser interpretados con cautela dado el sesgo que puede introducirse por la muestra. Los resultados deben ser interpretados bajo esta condición y no pueden ser asociados a las organizaciones o a sus proyectos de *software* [8].

Cuadro 2 Asociaciones investigadas

No	Grp	Pregunta	Esc	#	*	Factores demográficos						
						1	2	3	4	5	6	7
8	CV	Metodologías de desarrollo	SM	9	*	×	×	×	×	×	×	×
9	PR	Tipos y niveles	L	5	*		×					
10	PR	Automatización	L	5	*		×					

*=relación con ella misma. Prácticas: CV= Ciclo de vida y prácticas organizacionales, PR= Pruebas.
Escala: SM= Selección múltiple, L=Likert.

4 Análisis de resultados

4.1 Características de los participantes del estudio

En total, se analizan 135 respuestas completas. El Cuadro 3 muestra las frecuencias de los participantes por cada uno de los roles que desempeñan dentro de su organización. El Cuadro 4 muestra la distribución en que los profesionales se encuentran por sector. Los participantes indicaron sus roles con la posibilidad de realizar selección múltiple por lo que se totalizan todas las posiciones reportadas por cada uno de ellos. Del mismo modo, se totalizan los sectores por organización donde los participantes pueden estar activos en múltiples sectores. Con respecto a los tamaños de las organizaciones, los datos contienen respuestas que abarcan todos los rangos, pero principalmente de participantes que laboran en organizaciones grandes (64%). En el caso del rol del participante, los administradores y/o líderes de proyectos representan un 11%, al igual que los desarrolladores, seguido por los ingenieros de requerimientos y profesionales relacionados con la docencia (10%). Finalmente, los arquitectos y diseñadores representan un 9%. En el caso de los sectores representados, los participantes se encuentran principalmente en organizaciones de gobierno y sector público (29%), seguido por el sector banca y finanzas y educación superior (14%) y el sector de servicios de TI (11%).

4.2 Metodologías de desarrollo de *software* versus factores demográficos

La RQ1 busca determinar las asociaciones entre el uso de las distintas metodologías de desarrollo de *software* y los factores demográficos de los profesionales y sus organizaciones. Para esto se plantean un conjunto de hipótesis que se analizan para determinar

si existen estas relaciones. Para realizar las pruebas se utilizan las categorías de metodologías de desarrollo: tradicionales (que incluye cascada, prototipos, incremental y espiral) y ágiles (*agile* o *lean*, *extreme programming*, *scrum*), posteriormente se realiza el análisis de cada una de las subcategorías para determinar si existen otras asociaciones.

Cuadro 3. Roles de los participantes

Tamaño	Q	%	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16
1-5	6	4	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2	3	2	-	-	1
6-10	6	4	6	6	6	6	6	-	-	-	-	6	6	-	6	-	-	-
11-20	4	3	2	1	1	-	2	-	1	-	1	1	1	2	-	1	1	1
21-30	3	2	2	2	2	2	-	-	-	-	2	3	-	2	3	-	-	-
31-50	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	1
51-100	8	6	3	5	1	1	3	2	-	3	1	2	-	-	3	-	-	-
101-200	12	9	2	6	-	1	3	2	4	-	2	-	2	3	2	1	-	-
201-500	7	5	-	1	1	1	2	-	2	-	2	1	1	3	5	1	-	-
501+	87	64	23	29	32	31	39	13	35	4	26	23	6	22	28	11	5	5
Total	135	100	38	50	44	44	55	17	42	7	34	39	18	35	50	15	6	8
		%	8	10	9	9	11	3	8	1	7	8	4	7	10	3	1	2

R1: Analista, R2: Ingeniero de Req., R3: Arquitecto, R4: Diseñador, R5: Desarrollador, R6: Tester, R7: Ingeniero de *software*, R8: "QA lead", R9: Administrador de pry., R10: Líder de proyecto, R11: Gerente, R12: Soporte técnico, R13: Docente, R14: Investigador, R15: Vendedor, R16: Otro. Q: Cantidad.

Cuadro 4. Participantes por sector de la organización

Tamaño	Q	%	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17
1-5	6	4	-	2	2	-	-	1	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-
6-10	6	4	-	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-20	4	3	1	1	1	2	-	-	-	1	-	-	2	1	1	1	1	-	1
21-30	3	2	2	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31-50	2	1	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51-100	8	6	5	6	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
101-200	12	9	-	1	1	8	-	-	-	2	-	2	2	-	-	1	-	-	1
201-500	7	5	-	-	-	4	-	-	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-
501+	87	64	6	1	7	51	3	32	3	25	6	3	2	1	1	-	2	2	3
Total	135	100	15	17	25	69	3	33	4	32	10	5	7	2	2	2	3	2	5
		%	6	7	11	29	1	14	2	14	4	2	3	1	1	1	1	1	2

Q: Cantidad. S1: Desarrollo a la medida, S2: Paquetes, S3: Servicios TI, S4: Gobierno y sector público, S5: Manufactura o ingeniería, S6: Banca o finanzas, S7: Seguros, S8: Educación o Universidad, S9: Educación, S10: Salud, S11: Comercio, S12: Administración y negocios, S13: No gubernamental, S14: Organismo internacional, S15: Telecomunicaciones, S16: Asociación, S17: Otro.

Uso de varias metodologías en un mismo contexto. El análisis explora la combinación de uso de diferentes metodologías de desarrollo en un mismo contexto. Para esto utilizamos la prueba *Pearson* χ^2 ($p \leq 0.05$) para cada par de diferentes metodologías de desarrollo. A continuación se listan los principales resultados:

- No se encuentra una asociación significativa entre las metodologías tradicionales y ágiles $\chi^2(1, N = 135) = 2.208, p = .137$. Sin embargo, analizando las sub categorías se encuentra una asociación significativa entre cascada y prototipos $\chi^2(1, N = 135) = 4.495, p = .034$ denotando que si una de las prácticas es usada (o no usada) es probable que la otra práctica sea usada (o no usada) también.

- Basado en la proporción del uso de cascada y prototipo (18/24)/(23/70), el uso de la metodología de prototipos es 2.3 veces más alto si las organizaciones usan cascada.
- Se encuentra una asociación entre espiral y prototipos $\chi^2(1, N = 135) = 13.125, p = .000$ que indica que el uso de espiral influye el uso de prototipos, sin embargo no se puede concluir ya que no se cumple con una de las suposiciones de la prueba.
- Se encuentra una asociación significativa entre *scrum* y el desarrollo incremental $\chi^2(1, N = 135) = 7.834, p = .005$ donde el uso de la metodología incremental es 3.8 veces más alto si las organizaciones usan *scrum* (14/39)/(7/75).
- Existe una asociación entre *agile* o *lean* y espiral $\chi^2(1, N = 135) = 12.132, p = .000$ que indica que el uso de *agile* o *lean* influye el uso de espiral, sin embargo no se puede concluir ya que no se cumple con una de las suposiciones de la prueba.
- Al igual que lo reportado en [1] se encuentran asociaciones entre *agile* o *lean* tanto con *scrum* $\chi^2(1, N = 135) = 24.628, p = .000$ como *extreme programming* $\chi^2(1, N = 135) = 3.506, p = .061$. El uso de *extreme programming* y *scrum* es de 4.6 [(4/39)/(2/90)] y 6.9 [(30/13)/(23/69)] veces más respectivamente si la organización utiliza las metodologías *agile* o *lean*.

Tamaño de la organización. El análisis busca identificar si el uso de una metodología de desarrollo se relaciona con el tamaño de la organización para lo cual se utilizó la prueba *Pearson* χ^2 ($p \leq 0.05$) donde los participantes votan si usan o no cada una de las metodologías de desarrollo. Para realizar las pruebas se utilizan las categorías de tamaño de organización: pequeña (1 a 50 empleados que incluye micro de 1 a 10 y pequeña de 11 a 50), mediana (51 a 200 empleados) y grande (201 o más empleados). Las agrupaciones por tamaño se realizan para cumplir con el mínimo N requerido por la prueba estadística. A continuación se listan los principales resultados:

- Los resultados indican que no existe una asociación significativa entre el tamaño de la organización y las metodologías tradicionales $\chi^2(2, N = 135) = 4.069, p = .131$. Esto es, la decisión de las organizaciones de utilizar las metodologías tradicionales no depende de su tamaño.
- No encontramos una asociación significativa entre el tamaño de la organización y las metodologías ágiles $\chi^2(2, N = 135) = 1.604, p = .448$.
- Por cada una de las sub categorías de las organizaciones pequeñas, micro y pequeña, se obtienen similares resultados para ambos enfoques de desarrollo: tradicional $\chi^2(3, N = 135) = 4.649, p = .199$ y ágiles $\chi^2(3, N = 135) = 2.176, p = .537$.
- Las pruebas para cada una de las subcategorías de las metodologías de desarrollo encuentran que no existe una asociación significativa entre el tamaño de la organización y cascada $\chi^2(2, N = 135) = .266, p = .875$, prototipos $\chi^2(2, N = 135) = 5.204, p = .074$ e incremental $\chi^2(2, N = 135) = .649, p = .723$.
- En el caso de la metodología de espiral sí se encuentra una asociación $\chi^2(2, N = 135) = 23.010, p = .000$ que indica que aunque las organizaciones parecen no utilizar esta metodología, las pequeñas son las más anuentes a utilizarla en comparación con las medianas y grandes.
- Las organizaciones de tamaño micro reportan un 50% de utilización de un total de 12 respuestas. Sin embargo, con este resultado en particular no es posible concluir

sobre su asociación dada la cantidad de respuestas de algunas de las categorías de tamaño que no cumplen una de las suposiciones de la prueba.

- Las pruebas para las subcategorías *agile* o *lean* $\chi^2(2, N = 135) = 3.202, p = .202$ y *extreme programming* $\chi^2(2, N = 135) = 2.438, p = .296$ no encuentran una asociación significativa, pero en el caso de la metodología *scrum* $\chi^2(2, N = 135) = 13.183, p = .001$ sí se encuentra una asociación significativa. Las organizaciones grandes son las más anuentes a utilizar esta metodología (49%) en comparación con las pequeñas (10%) y medianas (25%).
- Aunque los resultados reportados en [1] presentan algunas tendencias relacionadas al tamaño de la compañía, nuestros resultados no identifican una relación entre el uso de las metodologías de desarrollo y el tamaño de las organizaciones. En este caso, estos resultados mantienen correspondencia con los reportados en [2]. En nuestro caso, la tendencia de la metodología *scrum* se invierte con respecto a lo reportado en [1].

Sector objetivo y tipos de proyectos. Este análisis explora si el uso de una metodología de desarrollo se relaciona con el sector objetivo del *software* que una organización desarrolla para lo cual utilizamos la prueba *Pearson* χ^2 ($p \leq 0.05$). Para realizar las pruebas se utilizan las categorías de sector objetivo: gobierno y sector público, manufactura o ingeniería, banca y finanzas, seguros, educación superior, salud y comercio. Al observar los resultados podemos identificar que para la mayoría de combinaciones no se encuentra una asociación significativa entre los sectores y las metodologías de desarrollo. A continuación se listan algunos ejemplos representativos de los principales resultados:

- Para el sector gobierno y las metodologías tradicionales no encontramos asociaciones significativas, $\chi^2(1, N = 135) = .666, p = .414$ y para las ágiles $\chi^2(1, N = 135) = .194, p = .659$.
- El sector banca y finanzas y las metodologías ágiles presentan una asociación $\chi^2(1, N = 135) = 28.447, p = .000$ donde en este sector se adoptan estas metodologías en un 85% de las veces, caso contrario su adopción se acerca a un 35%. Del mismo modo con la metodología incremental $\chi^2(1, N = 135) = 6.174, p = .013$ para la cual su adopción es del 28% en el sector banca y caso contrario es de solo el 10%. En el caso de *agile* o *lean* $\chi^2(1, N = 135) = 14.032, p = .000$ la adopción es del 55% y solo del 22% si no es una organización del sector. Del mismo modo para *scrum* $\chi^2(1, N = 135) = 48.872, p = .000$ con un 85% de uso contra solo el 20% si no es del sector.
- Se encuentra una asociación con el sector de seguros y metodologías ágiles $\chi^2(1, N = 135) = 5.234, p = .022$, cascada $\chi^2(1, N = 135) = 4.187, p = .041$ y *scrum* $\chi^2(1, N = 135) = 4.103, p = .043$. En el caso de ágiles la adopción es del 79% en el sector de seguros y caso contrario es de solo el 46%. Para la metodología de cascada la adopción es del 7% contra un 34% si no es del sector. La adopción para *scrum* es del 64% en este sector y caso contrario es del 36.4%.
- En el sector de salud la tendencia se invierte, se encuentran asociaciones entre este sector y metodologías ágiles $\chi^2(1, N = 135) = 5.725, p = .017$, cascada $\chi^2(1, N = 135) = 4.554, p = .033$ y *scrum* $\chi^2(1, N = 135) = 5.282, p = .022$. Sin embargo, para este sector la adopción de las metodologías ágiles es solo del 17%

y del 53% en caso contrario. La adopción de *scrum* es del 8% contra el 43% y cascada del 58% contra solo un 28% si no es del sector.

- Analizando el uso de las metodologías por sector confirmamos parcialmente los reportado en [1]. Las metodologías *product line development*, espiral y *extreme programming* no son muy populares entre los distintos sectores, las metodologías ágiles son muy utilizadas en el sector de banca y seguros y las metodologías tradicionales, como cascada, son muy utilizadas en el sector de salud y manufactura e ingeniería.

Asimismo, se realiza un análisis para explorar si el uso de una metodología de desarrollo depende del tipo de proyectos que se desarrollan en las organizaciones. Para realizar las pruebas se utilizan las categorías de proyectos: *in-house*, paquetes para un sector de industria, paquetes de uso general para negocios y desarrollo a la medida. A continuación se listan los principales resultados:

- Se identifica una asociación significativa entre los proyectos *in-house* y las metodologías tradicionales $\chi^2(1, N = 135) = 5.138, p = .023$. En este tipo de proyectos se utilizan estas metodologías un 64% contra un 44% en el caso de que el proyecto no sea *in-house*.
- Existe una asociación en proyectos *in-house* y metodologías ágiles $\chi^2(1, N = 135) = 20.228, p = .000$ donde la adopción es del 65% para este tipo de proyectos y 26% en caso contrario. Se identifica una asociación con la metodología prototipos $\chi^2(1, N = 135) = 4.256, p = .039$ para la cual su adopción es del 37% en el caso que el proyecto sea *in-house* y del 20% caso contrario. Igualmente, se encuentra una asociación con las metodologías *agile* o *lean* $\chi^2(1, N = 135) = 12.035, p = .001$ y *scrum* $\chi^2(1, N = 135) = 19.264, p = .000$. En el caso de *agile* o *lean* la adopción es del 43% para este tipo de proyectos y caso contrario es de solo el 15%. En el caso de *scrum* la adopción es del 54% y solo del 17% caso contrario.
- Para el desarrollo de paquetes de un sector de industria no se identifica una asociación significativa con las metodologías tradicionales $\chi^2(1, N = 135) = 3.729, p = .053$. Sin embargo, si se identifica una asociación con las metodologías ágiles $\chi^2(1, N = 135) = 8.429, p = .004$ donde la adopción es del 69% para este tipo de proyectos y 42% en caso contrario.
- En el caso del desarrollo de paquetes de uso general para negocios no se identifica una asociación significativa con las metodologías tradicionales $\chi^2(1, N = 135) = 3.497, p = .061$ y tampoco para las metodologías ágiles $\chi^2(1, N = 135) = 2.695, p = .101$. Para la metodología *scrum* se identifica una asociación significativa $\chi^2(1, N = 135) = 5.429, p = .020$. En *scrum* la adopción es del 61% para este tipo de proyectos y solo del 35% en caso contrario.
- Para el desarrollo a la medida se identifica una asociación significativa con las metodologías tradicionales $\chi^2(1, N = 135) = 4.565, p = .033$ con una adopción del 65%. En el caso de las metodologías ágiles $\chi^2(1, N = 135) = 2.682, p = .102$ no se identifica una asociación significativa. Para la metodología cascada se identifica una asociación significativa $\chi^2(1, N = 135) = 4.235, p = .040$. En cascada la adopción es del 39% para este tipo de proyectos y solo del 23% en caso contrario.

Otros factores demográficos. Este análisis busca identificar si el uso de una metodología de desarrollo se relaciona con otros factores demográficos de los profesionales.

Para esto utilizamos la prueba *Pearson* χ^2 ($p \leq 0.05$). Realizamos el análisis para las categorías de tipo de capital de la organización: nacional, extranjero o ambos. A continuación se listan los principales resultados:

- Este factor no influye en el uso de las metodologías tradicionales $\chi^2(2, N = 131) = 2.163, p = .339$.
- Encontramos una asociación entre el tipo de capital y las metodologías ágiles $\chi^2(2, N = 131) = 10.339, p = .006$. Las organizaciones de capital nacional tienden a tener una menor adopción de metodologías ágiles (45%) que las de capital extranjero (72%) y ambas (87%). Con respecto a este resultado en particular no es posible concluir sobre su asociación dada la cantidad de respuestas que no cumplen una de las suposiciones de la prueba.
- No encontramos una asociación entre la existencia de una unidad de proyectos en la organización y la adopción de las metodologías tradicionales $\chi^2(1, N = 128) = .307, p = .580$.
- Se encuentra una asociación significativa con el uso de las metodologías ágiles $\chi^2(1, N = 128) = 5.175, p = .023$ donde la existencia de una unidad de proyectos muestra un uso del 60% y en caso contrario solo del 40%. En el caso de la metodología *scrum* se identifica la misma asociación $\chi^2(1, N = 128) = 12.764, p = .000$ donde las organizaciones con una unidad de proyectos (54%) parecen utilizar con mayor frecuencia esta metodología que las que no la tienen (22%).

Se analizan las asociaciones para los tipos de clientes de las organizaciones (internos, externos o ambos):

- No existe una asociación entre el tipo de cliente y el uso de las metodologías tradicionales $\chi^2(2, N = 122) = .244, p = .885$.
- Se encuentra una asociación significativa con el uso de las metodologías ágiles $\chi^2(2, N = 122) = 10.170, p = .006$ donde para clientes internos su uso es del 40%, para clientes externos del 27% y si cuentan con ambos tipos de cliente es del 66%. Tanto el desarrollo con las metodologías *agile* o *lean* $\chi^2(2, N = 122) = 8.332, p = .01$ y *extreme programming* $\chi^2(2, N = 122) = 12.923, p = .002$ presentan asociaciones significativas con el tipo de cliente.
- La metodología *scrum* $\chi^2(2, N = 122) = 3.695, p = .158$ es igualmente adoptada independiente del tipo de cliente.

4.3 Prácticas de pruebas de *software* versus factores demográficos

La RQ2 busca determinar las asociaciones entre el uso de las distintas prácticas de calidad del *software* y los factores demográficos de los profesionales. Para esto se plantean un conjunto de hipótesis que se analizan para determinar si existen estas relaciones.

Tipo y nivel de pruebas versus tamaño de la organización. El análisis busca identificar si los distintos tipos y niveles de pruebas se relacionan con el tamaño de la organización para lo cual se utilizó la prueba *Spearman's rank correlation* ($p \leq 0.05$). Además se analiza las correlaciones entre distintos tipos y niveles de pruebas. Los tipos y

niveles de pruebas son: pruebas de unidad, de integración, aceptación, pruebas funcionales, de sistema, de rendimiento, pruebas de carga y estrés, pruebas de seguridad y de usabilidad. Las categorías de tamaño de organización: pequeña (1 a 50 empleados que incluye micro de 1 a 10 y pequeña de 11 a 50), mediana (51 a 200 empleados) y grande (201 o más empleados). Las agrupaciones por tamaño se realizan para cumplir con el mínimo N requerido por la prueba estadística. A continuación se listan los principales resultados:

- Se identifica que el tamaño de la organización presenta una correlación positiva débil con las pruebas funcionales $r_s(88) = .239, p = .027$ y una correlación positiva débil con las pruebas de carga y estrés $r_s(88) = .230, p = 0.31$. Al realizar las pruebas, todos los valores son cercanos a cero lo que indica la ausencia de una correlación entre el tamaño de las organizaciones y los tipos y niveles de pruebas.
- Las tendencias muestran que si el tamaño de la organización crece, incrementa la probabilidad de realizar pruebas funcionales y de sistema.
- Existen correlaciones entre los distintos tipos y niveles de pruebas que indican que si una organización decide realizar un tipo o nivel de pruebas podría decidir realizar el otro tipo o nivel de pruebas. Los resultados se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5 Correlaciones significativas entre tipo y nivel de pruebas

Tipos y niveles	$r_s(88)$	p	Correlación
Pruebas funcionales y de sistema	.948	.000	Positiva muy fuerte
Pruebas de integración y de sistema	.756	.000	Positiva fuerte
Pruebas de unidad y pruebas de integración	.751	.000	Positiva fuerte
Pruebas de integración y pruebas funcionales	.701	.000	Positiva fuerte
Pruebas de rendimiento y pruebas de carga y/o estrés	.690	.000	Positiva fuerte
Pruebas de aceptación y pruebas de sistema	.666	.000	Positiva fuerte
Pruebas de aceptación y pruebas funcionales	.665	.000	Positiva fuerte
Pruebas de unidad y pruebas funcionales	.614	.000	Positiva fuerte
Pruebas de seguridad y pruebas de usabilidad	.612	.000	Positiva fuerte
Pruebas de integración y pruebas de aceptación	.611	.000	Positiva fuerte
Pruebas de sistema y pruebas de usabilidad	.606	.000	Positiva fuerte

Pruebas automatizadas y pruebas manuales. El análisis busca identificar si las pruebas automatizadas y manuales se relacionan con el tamaño de la organización para lo cual se utilizó la prueba *Spearman's rank correlation* ($p \leq 0.05$). Además se analiza las correlaciones entre distintos tipos y niveles de pruebas con la realización de pruebas manuales o automatizadas. A continuación se listan las principales asociaciones:

- El tamaño de la organización no presenta una correlación con la realización de pruebas manuales o automatizadas.
- Se identifica una correlación positiva débil entre las pruebas manuales y pruebas de integración $r_s(93) = .236, p = .023$, pruebas de aceptación $r_s(93) = .289, p = .005$ y pruebas funcionales $r_s(84) = .304, p = .005$.
- Se identifica una correlación positiva débil entre las pruebas automatizadas, las pruebas de carga y estrés $r_s(94) = .269, p = .009$ y las pruebas de seguridad $r_s(94) = .252, p = .014$.

5 Discusión

5.1 Resumen de resultados

- Las organizaciones de desarrollo de *software* adaptan las prácticas ingenieriles de sus procesos de acuerdo a sus necesidades específicas y el contexto de negocios en el que desarrollan sus proyectos, las que son muy diversas, y no existen patrones generalizables a todas ellas que expliquen cuáles son los factores que influyen en sus decisiones.
- En este estudio encontramos que no existe una correlación significativa entre el tamaño de la organización y las metodologías de desarrollo que utiliza, por lo que el tamaño, en número de empleados, no es uno de los factores que expliquen la adopción de metodologías específicas.
- Tampoco encontramos una asociación significativa entre el uso de metodologías tradicionales o de metodologías ágiles, con respecto a los factores demográficos.
- Las metodologías ágiles son actualmente las más utilizadas, principalmente *Scrum*. Sin embargo las metodologías tradicionales tales como cascada y desarrollo por prototipos también son populares en la industria.
- Las metodologías ágiles son más utilizadas en el sector de banca y seguros y las metodologías tradicionales, tales como cascada, son más utilizadas en el sector de salud y manufactura. Determinar las razones de este fenómeno requiere una investigación más profunda para determinar las causas del porqué de estas tendencias.
- Determinamos que no existe una correlación significativa entre el tamaño de las organizaciones y los tipos y niveles de pruebas que realizan, y tampoco entre el tamaño y si realizan pruebas manuales o automatizadas. En otras palabras, el nivel de automatización de las pruebas no se puede predecir con base en el tamaño de las organizaciones.
- Se identifican correlaciones fuertes entre pruebas funcionales y de sistema, integración y sistema, unidad e integración, integración y funcionales, rendimiento y carga/estrés, aceptación y sistema, aceptación y funcionales, unidad y funcionales, seguridad y usabilidad, integración y aceptación, y finalmente, sistema y usabilidad.
- Finalmente, los datos sugieren que la no adopción de las prácticas en la ingeniería del software no solo se debe a aspectos técnicos sino a la falta de recursos en las organizaciones. Debemos ahora investigar por qué los desarrolladores hablan de falta de recursos, aun en organizaciones grandes. Situación que se presente principalmente en el sector público gobierno.

5.2 Lecciones aprendidas durante la ejecución del estudio de encuesta

La mayor cantidad de preguntas sin contestar se relacionan con las secciones de las prácticas específicas en la ingeniería del software. Los factores que pueden influenciar esta tendencia son: (1) la cantidad de preguntas del cuestionario y (2) el que algunos de los participantes son reservados acerca de las prácticas específicas en sus organizaciones.

Aunque nuestro instrumento se basa en estudios previos y sigue la estructura del *SWEBOOK*, el pilotaje con profesionales permitió depurar y mejorar la estructura y el contenido del mismo. Es importante realizar una validación de los instrumentos en el contexto donde se conduce el estudio y utilizando el idioma nativo de los profesionales. El instrumento se aplicó en el lenguaje español y los investigadores fueron los responsables de realizar las traducciones respectivas.

La comparación de las tendencias entre estudios se dificulta dada la variedad del contexto donde se desarrollaron los estudios. Para una comparación más rigurosa es necesario contar con los datos crudos de los estudios previos para poder realizar el análisis correspondiente. Al ser este estudio una replicación externa se dificulta este proceso.

6 Conclusiones y trabajo futuro

El presente estudio realizó un análisis exploratorio sobre los factores demográficos de los profesionales asociados a las prácticas de la ingeniería del *software* utilizadas en la industria costarricense. En nuestro estudio discutimos las asociaciones de estos factores demográficos con las prácticas de desarrollo y pruebas de *software*. Nuestra investigación indica que no existe una asociación entre el tamaño de la organización y las metodologías de desarrollo. Los resultados sugieren que las organizaciones de desarrollo adaptan las prácticas ingenieriles en sus procesos de acuerdo a las necesidades específicas y el contexto de negocios en el que realizan sus proyectos. Estas prácticas son muy diversas, y no existen patrones generalizables a todas ellas que expliquen cuáles son los factores que influyen en sus decisiones.

Cómo trabajo futuro, se requieren realizar análisis adicionales sobre los factores asociados a las prácticas de la ingeniería. Existen múltiples relaciones adicionales que pueden ser exploradas con los datos de la encuesta original [3]. Planeamos complementar este estudio para analizar las tendencias de adopción de otras prácticas de la ingeniería a partir de los factores demográficos de los profesionales. Finalmente, nuestro estudio no pretende generalizar los resultados para cualquier contexto de desarrollo. Por el contrario, este trabajo tiene como objetivo aportar en el entendimiento del uso y adopción de las prácticas de la ingeniería en la industria. Se requieren futuros estudios que exploren las tendencias de adopción de las prácticas en contextos específicos y estudios particulares con organizaciones de desarrollo para lograr dicho entendimiento y proveer recomendaciones para los profesionales con respecto a lo que se puede mejorar en sus procesos y prácticas.

Agradecimientos. Agradecemos a todos (as) los (as) profesionales que participaron anónimamente en la encuesta y a las instituciones que colaboraron con su difusión. Este estudio fue apoyado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT) y la Universidad de Costa Rica (No. 834-B5-A18).

Referencias

1. Garousi, V., Coşkunçay, A., Demirörs, O., Yazici, A.: Cross-factor analysis of software engineering practices versus practitioner demographics: An exploratory study in Turkey. *Journal of Systems and Software*, 111, 49-73 (2016).

2. Kuhrmann, M., Diebold, P., Münch, J., Tell, P., Garousi, V., Felderer, M., & Prause, C. R. (2017, July). Hybrid software and system development in practice: waterfall, scrum, and beyond. In Proceedings of the 2017 International Conference on Software and System Process (pp. 30-39). ACM.
3. Quesada-López, C., y Jenkins, M. (2017). Un estudio sobre las prácticas de la ingeniería del software en Costa Rica: Resultados preliminares. Proceedings of the XX Ibero-American Conference on Software Engineering (CibSE 2017). Buenos Aires, Argentina, 22-23 May 2017.
4. Kalus, G., & Kuhrmann, M. (2013, May). Criteria for software process tailoring: a systematic review. In Proceedings of the 2013 International Conference on Software and System Process (pp. 171-180). ACM.
5. Runeson, P., & Höst, M. (2009). Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empirical software engineering*, 14(2), 131.
6. Abran, A., Moore, J., Bourque, P., Dupuis, R. (Eds): Guide to the Software Engineering Body of Knowledge: 2004 version. IEEE Press, CA, USA (2004).
7. Bourque, P., Fairley, R. (Eds): Guide to the Software Engineering Body of Knowledge: Version 3.0. IEEE Press, CA, USA (2014). Recuperado de <http://www.swebok.org>.
8. Garousi, V., Coşkunçay, A., Betin-Can, A., Demirörs, O.: A survey of software engineering practices in Turkey. *Journal of Systems and Software*, 108, 148-177 (2015).
9. Blackburn, J. D., Scudder, G. D., & Van Wassenhove, L. N. (1996). Improving speed and productivity of software development: a global survey of software developers. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 22(12), 875-885.
10. Herbsleb, J. D., Mockus, A., Finholt, T. A., & Grinter, R. E. (2001, July). An empirical study of global software development: distance and speed. In Proceedings of the 23rd international conference on software engineering (pp. 81-90). IEEE Computer Society.
11. Jiang, J. J., Klein, G., Hwang, H. G., Huang, J., & Hung, S. Y. (2004). An exploration of the relationship between software development process maturity and project performance. *Information & Management*, 41(3), 279-288.
12. Chow, T., & Cao, D. B. (2008). A survey study of critical success factors in agile software projects. *Journal of systems and software*, 81(6), 961-971.
13. Dagenais, B., Ossher, H., Bellamy, R. K., Robillard, M. P., & De Vries, J. P. (2010, May). Moving into a new software project landscape. In Proceedings of the 32nd ACM/IEEE International Conference on Software Engineering-Volume 1 (pp. 275-284). ACM.
14. Akdur, D., Garousi, V., & Demirörs, O. (2017, June). Cross-factor analysis of software modeling practices versus practitioner demographics in the embedded software industry. In *Embedded Computing (MECO), 2017 6th Mediterranean Conference on* (pp. 1-5). IEEE.
15. Easterbrook, S., Singer, J., Storey, M. A., & Damian, D. (2008). Selecting empirical methods for software engineering research. *Guide to advanced empirical software engineering*, 285-311.
16. Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., & Wesslén, A. (2012). *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media.