

Las mujeres en los grados en Informática: un estudio en diferentes países a lo largo del tiempo

S. Roman y M. Sánchez-Élez

Title— Women in Computer Science degrees: a cross-national and longitudinal study

Abstract— This study focuses on the numerical gap in CS from different angles, whether it presents a similar behavior in all countries or not, and how it evolves over time. We have analyzed OECD statistics from 1998 to 2016 in twenty-nine countries and present results that show that this is a global problem. The average of women who graduated in CS is lower in 2016 than it was in 1998 and the tendency is to continue to diminish, although the situation is very different from some groups of countries to others. We have made statistical analysis that has allowed to present a country classification. This analysis has shown that there is a wide difference between countries such as Mexico, Italy and Belgium for example. We have also carried out statistical analysis of possible relations between economic and social variables for the countries studied along the almost 19 years' span and have found no statistically significant correlation in global terms, which shows that the problem is complex and that the solutions adopted are only partial.

Index Terms— Gender gap, Computer Science, University graduates by gender.

I. INTRODUCCIÓN

La brecha de género, generalmente entendida como la diferencia numérica entre hombres y mujeres que participan en los grados de Ingeniería Informática, también debe ampliarse para incluir las condiciones en las que las mujeres participan en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), los sesgos académicos, científicos y profesionales y brechas salariales [1] y [2], que también podrían ayudar a explicar la baja participación de las mujeres en las TIC. Nuestro estudio se centra en el análisis de la brecha numérica, que no solo sigue existiendo en la actualidad, sino que muestra una tendencia a crecer, y parece destacable en comparación con otras disciplinas, como mostraremos en este trabajo, donde hemos analizado estadísticas de la OCDE [3] desde 1998 hasta 2016 de diferentes titulaciones universitarias en varios países del mundo. Es un problema global que afecta a la mayoría de los países de nuestro planeta.

Ya se ha escrito mucho sobre la brecha de género en la informática, desde finales de los 90 [4] (1998 es la fecha más temprana para la que hay datos consistentes de un grupo suficientemente amplio de países), donde la situación se describió como una “tubería con una gran fuga”, a años más recientes [5], donde se ha vuelto “dramática”. Una

publicación más reciente [6] también destaca que existe “una tendencia a la baja”, para los países occidentales, aunque las estadísticas analizadas en nuestro artículo muestran que esta tendencia no es específica de los países occidentales.

También hay diferentes visiones sobre las posibles causas de esta situación [7]: no está claro si se debe a estereotipos sociales, factores culturales, baja visibilidad de las mujeres en las TIC, etc., o, probablemente, una combinación de factores difícil de formalizar, con diferente composición de influencias en diferentes partes del mundo, como se señala en este trabajo [36].

Comprender las causas es importante para abordar la situación con el fin de equilibrar la diferencia de género en las titulaciones de Ingeniería Informática, y se han realizado esfuerzos con diferentes enfoques que han dado buenos resultados [8] y [9], aunque estas acciones se han tomado a nivel local y el problema está afectando a nivel mundial. Se han adoptado varios enfoques para lograr una comprensión más profunda del problema mediante el estudio de las actitudes de los estudiantes de secundaria que pueden influir en el interés de las mujeres por matricularse en titulaciones técnicas. Tal es el caso de [10] y [11] que, como resultado de su estudio, sugieren que las prácticas pedagógicas y la organización social en las aulas de ciencias potenciadas por la tecnología pueden promover una experiencia donde mujeres y hombres participan y desempeñarse igualmente bien. O en [35], donde los autores intentan entender la motivación de las mujeres para inscribirse en un programa de Ingeniería Informática, pero sin ninguna pista de lo que piensan las mujeres que no se han inscrito en esa titulación. Además, algunos estudios realizados en los últimos 19 años demuestran que entre los estudiantes de secundaria no existen diferencias de género significativas en el uso diario de las TIC ni en las actitudes hacia ellas. Tal es el caso de [12], que muestra que los efectos cognitivos son similares para ambos sexos, aunque los hombres usan las computadoras con más intensidad que las mujeres para programar y jugar, pero no para otras aplicaciones informáticas. Complementario al uso de la computadora, [13] establece que la ansiedad generada por el uso de la computadora no depende del género.

La brecha de género entendida simplemente como la diferencia numérica entre hombres y mujeres que participan en títulos de Ingeniería Informática se considera en sí misma un problema [14]. Son varias las consecuencias derivadas de la escasa participación de las mujeres en el diseño y desarrollo de las TIC. Se sabe que la baja diversidad en los equipos de trabajo afecta la innovación y la calidad del producto [15].

Algunos artículos se centran en explicar la evolución de la

Sara Roman Navarro, Department of Arquitectura de Computadores y Automática, Universidad Complutense of Madrid, Madrid, Spain (email sroman@ucm.es); Marcos Sánchez-Élez, Department of Arquitectura de Computadores y Automática, Universidad Complutense of Madrid, Madrid, Spain (email marcos@ucm.es). (<https://orcid.org/0000-0003-1212-3158>)

participación femenina en títulos de informática, como [18], pero solo para el caso de EE. UU. Sus conclusiones no pueden extenderse como una explicación global, ya que la evolución de las mujeres tituladas en los mismos años en otros países para el mismo período muestra muchas variaciones y situaciones diferentes. La participación femenina en STEM, se analiza en [17], realiza un estudio muy completo, similar al que realizamos en este trabajo. Sin embargo, nos enfrentamos a dos realidades completamente distintas. Los autores en [17] muestran un promedio de más del 30% de mujeres graduadas en STEM en el año 2018, mientras que en Ingeniería Informática el promedio de todos los años analizados en este trabajo es del 20% o menos con una variabilidad muy alta entre países, lo que también indica que un análisis global no es del todo correcto si se aplica en particular para la Ingeniería Informática.

También hemos considerado tres indicadores socioeconómicos en un estudio transnacional de 29 países. El estudio se ha realizado a partir de datos consistentes durante un período de 19 años, lo que amplía el alcance de las publicaciones mencionadas anteriormente que se refieren únicamente a los EE. UU. Así como otros estudios, como [19], que es un estudio transnacional, pero presenta resultados para un año específico. La “instantánea” presentada en dicha publicación es valiosa en términos de indicación, pero no tiene un impacto estadístico en la búsqueda por comprender una situación general. En este estudio, hemos realizado un análisis estadístico para 29 países a lo largo de cinco años diferentes (de 2000 – 2015) los resultados no muestran correlaciones consistentes entre los indicadores de empoderamiento de las mujeres y la proporción de mujeres en los títulos de informática, lo que respalda nuestra afirmación de que una sola instantánea puede no ser utilizada para apoyar afirmaciones globales. El análisis proporcionado en este documento indica que comprender las causas de la baja participación femenina en informática es un tema complejo que requiere investigación adicional.

El resto del trabajo está organizado de la siguiente manera: una sección sobre las consecuencias de la baja participación de las mujeres en las TIC, seguida de una sección sobre nuestras preguntas de investigación. La Sección IV presenta los datos estadísticos obtenidos para los grados en Informática y presenta un análisis de datos. En la sección V se presenta una caracterización estadística de los países estudiados. A continuación, se presenta otro estudio estadístico que examina posibles factores influyentes en la situación de desequilibrio de género de los títulos de Ingeniería Informática. La sección de discusión presenta todos los datos examinados en su conjunto y en relación con nuestras preguntas de investigación. El artículo finaliza con la sección de Conclusiones.

II. CONSECUENCIAS DE LA BAJA PARTICIPACIÓN DE LAS MUJERES EN INFORMÁTICA

Antes de analizar la baja participación de las mujeres en las carreras de informática, es importante comprender las consecuencias de una baja participación de las mujeres en el desarrollo de la tecnología.

Por tanto, la primera pregunta que se debe hacer es: "¿Es un problema?". Bueno, la respuesta es: “sí”, y ahora

revisaremos varios argumentos de diferentes estudios con diferentes puntos de vista.

En primer lugar, presentaremos un grupo de los denominados “argumentos egoístas” [14], principalmente producidos por la industria de las TIC, que es un sector en crecimiento y de gran importancia económica. Este sector se caracteriza por su dinamismo y necesidad de innovación para sobrevivir. Es bien sabido cómo la diversidad en todas sus formas es crucial en un equipo de desarrollo para poder generar ideas innovadoras. En este sentido, la escasa presencia de mujeres en la mayoría de las industrias tecnológicas es un obstáculo para la innovación. Existe una evidente “pérdida de talento, ya que, si bien el 74% de las mujeres profesionales dice “amar su trabajo”, el 56% se va en el punto “medio” de la carrera justo cuando su pérdida es más costosa para la empresa, que es más del doble de la tasa de abandono de los hombres” [20]. También es bien sabido en la industria que la diversidad también mejora la calidad de un producto, así como la productividad de un equipo.

A pesar de este conocimiento, la industria de las TIC todavía se caracteriza por una composición principalmente de “rostros pálidos” en los equipos de desarrollo, cuyas experiencias de vida están influyendo en los diseños [21]. También hay evidencia que sugiere que las mujeres enfrentan dificultades para acceder a puestos técnicos innovadores, lo que afecta la creatividad, la calidad del producto y produce sesgos en la tecnología misma. La desertión de las mujeres cuesta una enorme cantidad de dinero: según [20], cuesta 64.000 millones de dólares al año sólo en Estados Unidos, debido al coste anual de la rotación de empleados (mujeres) cualificados y experimentados, que a su vez está relacionado con la injusticia en el lugar de trabajo resultante de prejuicios de género ocultos.

Otro grupo de argumentos está relacionado con la equidad y aunque en contenido no tienen nada en común con el grupo “egoísta”, llevan a la misma conclusión de que dejar a las mujeres fuera del diseño de las TIC es un problema. Si las mujeres no participan en el diseño de las TIC, significa que la mitad de la población mundial queda fuera de las decisiones de diseño para nuestra sociedad, en la que las TIC tienen un gran impacto y se espera que tengan más. Desde el punto de vista social, esto significa que nuestra sociedad está principalmente diseñada por hombres, a la medida de los hombres, y seguirá así, lo que no está alineado con el camino de la equidad de género que se promueve en la mayoría de los países.

Algunos ejemplos se ven en los sistemas TIC, como es el caso del tamaño de los teléfonos móviles, que presentan dificultades para ser manejados con una mano, como explican algunas mujeres [22, 23]. Otros ejemplos de TIC diseñadas para adaptarse a los hombres son las asistentes de voz femeninas (Alexa, Siri, Cortana ...) que según el informe de la UNESCO “Me sonrojaría si pudiera”, en su artículo de reflexión nº 2 “El auge de la IA de género y su repercusiones preocupantes” [24] tienden a reforzar los prejuicios de género de una manera muy negativa para las mujeres, ya que están capacitadas para ser dóciles y no reaccionan de ninguna manera a los comentarios de hostilidad o acoso sexual. Otro ejemplo de uso de tecnología

TABLA I
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA POR PAÍS

País	Min	Max	Med.	Avg.	Var.	Std.Dev.
AUS	0.176	0.271	0.223	0.228	0.001	0.035
AUT	0.093	0.183	0.154	0.146	0.001	0.029
BEL	0.037	0.163	0.100	0.094	0.001	0.029
CAN	0.163	0.248	0.204	0.201	0.001	0.026
CZE	0.070	0.166	0.127	0.125	0.001	0.030
DNK	0.099	0.283	0.235	0.222	0.002	0.045
FIN	0.150	0.429	0.297	0.296	0.007	0.085
FRA	0.140	0.227	0.178	0.183	0.001	0.030
DEU	0.105	0.177	0.149	0.142	0.000	0.022
GRC	0.298	0.438	0.357	0.363	0.001	0.036
HUN	0.143	0.309	0.204	0.211	0.002	0.047
ISL	0.096	0.280	0.195	0.195	0.003	0.050
IRL	0.168	0.423	0.286	0.289	0.008	0.088
ITA	0.143	0.294	0.222	0.216	0.003	0.050
KOR	0.201	0.456	0.309	0.309	0.006	0.078
LUX	0.125	0.280	0.216	0.209	0.006	0.079
MEX	0.329	0.427	0.394	0.392	0.001	0.026
NLD	0.079	0.151	0.102	0.110	0.001	0.024
NZL	0.184	0.335	0.246	0.249	0.002	0.042
NOR	0.044	0.213	0.146	0.158	0.002	0.044
POL	0.156	0.494	0.187	0.208	0.006	0.078
PRT	0.171	0.354	0.224	0.233	0.002	0.047
SVK	0.106	0.160	0.128	0.131	0.000	0.014
ESP	0.158	0.272	0.213	0.208	0.001	0.033
SWE	0.224	0.420	0.302	0.321	0.004	0.064
CHE	0.063	0.143	0.091	0.096	0.001	0.022
TUR	0.200	0.361	0.233	0.251	0.001	0.039
GBR	0.162	0.277	0.198	0.209	0.001	0.037
USA	0.178	0.293	0.211	0.230	0.002	0.039

Min = mínimo, Max = máximo, Med = Mediana; Avg = Media, Var = varianza, Std.Dev. = Desviación Estándar

sesgada es el reciente fracaso de un sistema de reclutamiento de inteligencia artificial diseñado por Amazon que descubrió que los hombres eran más adecuados para trabajar en Amazon que las mujeres (según los CV utilizados para entrenar al sistema, que ya tenían sesgos de género) y sistemáticamente subestimaban los CV femeninos [25]. Hay más ejemplos, en este caso de Google, donde el estudio [16] ha demostrado que "a los usuarios masculinos se les mostraron anuncios de trabajo bien remunerados unas 1.800 veces, en comparación con las usuarias que vieron esos anuncios unas 300 veces" y "en comparación, los anuncios más asociados con perfiles femeninos fueron los de un servicio de ofertas de empleo genérico y un concesionario de automóviles". El aprendizaje automático y el entrenamiento en sistemas de IA es crucial y algunos investigadores como [26] están ayudando a entender que estos sistemas aprenden de nuestros sesgos y prejuicios, los reproducen e incluso los mejoran, como en el caso del programa de reclutamiento de Amazon mencionado.

Los sesgos no solo están orientados al género: en las TIC también se han encontrado numerosos ejemplos que incluyen sesgos raciales y dado que esta tecnología tiene un gran impacto en nuestras vidas, podemos decir que sí, es un problema que no haya diversidad en el diseño de los sistemas que determinarán si somos contratados o no, si obtendremos crédito del banco, si podemos parecer un posible delincuente ...

III. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

La motivación de esta investigación es encontrar respuestas en relación a la situación de baja presencia de mujeres en informática, sus posibles causas y por tanto, una posible vía para enfocar esfuerzos y políticas para solucionar esta situación.

TABLE II
DESCRIPTIVE STATISTIC PER YEAR

Year	Min	Max	Med.	Avg.	Var.	Std.Dev.
1998	0.044	0.419	0.260	0.228	0.010	0.100
1999	0.117	0.494	0.225	0.238	0.011	0.106
2000	0.070	0.427	0.233	0.236	0.011	0.105
2001	0.070	0.427	0.211	0.231	0.009	0.097
2002	0.090	0.423	0.225	0.235	0.011	0.104
2003	0.063	0.423	0.234	0.242	0.010	0.102
2004	0.089	0.407	0.244	0.238	0.007	0.086
2005	0.094	0.429	0.235	0.236	0.007	0.083
2006	0.088	0.399	0.207	0.208	0.005	0.070
2007	0.093	0.438	0.204	0.209	0.006	0.079
2008	0.080	0.393	0.196	0.194	0.006	0.075
2009	0.089	0.364	0.195	0.193	0.004	0.063
2010	0.082	0.417	0.189	0.197	0.006	0.077
2011	0.099	0.402	0.204	0.200	0.005	0.072
2012	0.086	0.423	0.190	0.212	0.007	0.086
2013	0.060	0.399	0.171	0.187	0.007	0.083
2014	0.058	0.384	0.180	0.194	0.007	0.084
2015	0.068	0.361	0.171	0.184	0.007	0.083
2016	0.037	0.375	0.180	0.192	0.007	0.085

Min = mínimo, Max = máximo, Med = Mediana; Avg = Media, Var = varianza, Std.Dev. = Desviación Estándar

La mayoría de los estudios en la literatura analizan un año específico [4] y [5] o comparan la situación actual con valores medios del pasado, pero es necesario un estudio de la evolución temporal. Además, los estudios existentes que realizan un análisis longitudinal en el tiempo solo lo realizan para un determinado país o grupo de países similares como por ejemplo [6], [8], [9], [16] y [17]. Sin embargo, en todos los casos intentan extrapolar estos datos de forma global, lo que nos lleva a nuestras dos primeras preguntas de investigación:

a) ¿Qué ha estado sucediendo en los últimos 19 años en relación con las mujeres y su escaso interés por los estudios de la Ingeniería Informática?

b) ¿Están todos los países en una situación similar con respecto a la participación de las mujeres en las carreras de informática?

Ha habido algunos intentos de correlacionar las variables socioeconómicas con la participación femenina en los grados de informática [7], [12] y [36], y queríamos estudiar más a fondo estas posibles relaciones que nos dirigieron hacia una tercera pregunta de investigación.

c) ¿Existe una variable o combinación de ellas que podría explicar o predecir la proporción de mujeres en títulos de informática (ya sea en un país en particular o en una visión más general que podría aplicarse razonablemente a cualquier país)?

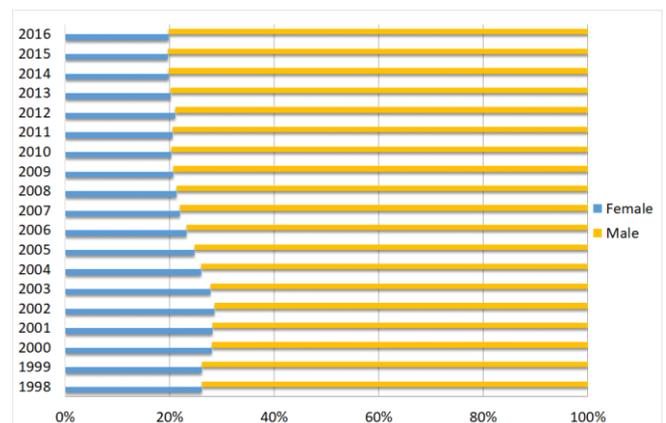


Fig. 1 Computer Science graduates by Gender

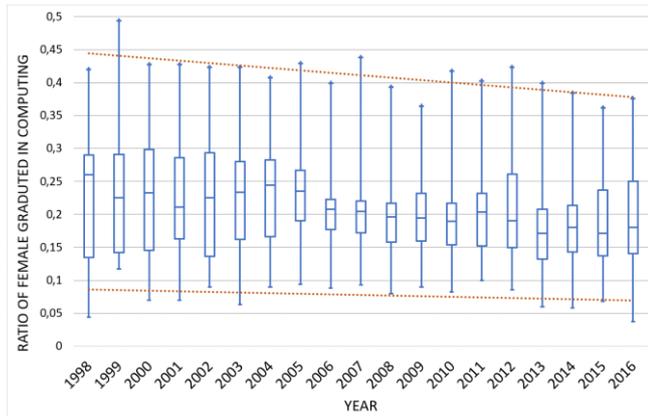


Fig. 2 Distribución del ratio de mujeres graduadas en Informática por año

IV. ANÁLISIS DE DATOS DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

En esta sección presentamos los resultados del análisis de datos obtenidos de Estadísticas de Educación de la base de datos de la OCDE: de los años 1998 a 2016. Los datos de 1998 a 2012 se pueden obtener en “Base de datos de educación CINE-97, Graduados por campo de educación”. [27], y de 2013 a 2016 de “Base de datos de educación: Graduados por campo” [28]. Hemos analizado el número de mujeres graduadas en Ingeniería Informática desde 1998 hasta 2016 para 29 países. Se han seleccionado países de la base de datos de la OCDE, siendo el criterio principal la disponibilidad de datos para el período de tiempo en estudio.

En la Tabla 1 presentamos el promedio, la mediana y el coeficiente de correlación para la proporción de mujeres graduadas en carreras de Informática para cada uno de los 29 países estudiados durante los últimos 19 años en la Tabla 1, así como para cada año en la Tabla 2 presentamos los datos globales anuales. Las siglas de los nombres de los países siguen el estándar ISO3 [29].

También presentamos una impresión visual de los resultados obtenidos, para facilitar la comprensión de la situación y cómo ha evolucionado desde finales de los 90. Estos gráficos también apoyan las ideas presentadas en la Sección VII.

La figura 1 se ha elaborado sumando el número total de mujeres graduadas en informática en 29 países del mundo, el número total de hombres en los mismos países, y calculando el porcentaje global de mujeres y hombres en títulos de Ingeniería Informática.

Podemos ver que el porcentaje global de mujeres graduadas en carreras de informática ha disminuido de 1998 a 2016, aunque hubo un pequeño pico alrededor del año 2002. El porcentaje general de mujeres matriculadas en educación terciaria en estos países entre esos años no ha cambiado significativamente, como se puede comprobar en la base de datos de estadísticas de educación de la OCDE, lo que significa que, aunque el porcentaje de mujeres que asisten a cursos universitarios se ha mantenido estable, la cantidad de ellas que eligen estudiar informática está disminuyendo. También se nota que incluso en los años pico, la participación femenina en INFORMÁTICA nunca ha estado por encima del 30%, y en los años más recientes, es del 20%.

La Figura 2 muestra datos de los mismos países,

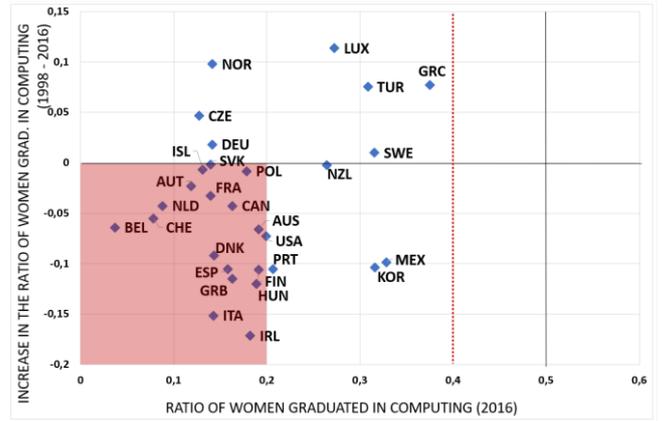


Fig. 3 Comparación entre el ratio de mujeres graduadas en informática en 2016 con el incremento producido desde 1998

mostrando la proporción máxima de mujeres graduadas en Informática y la mínima en los mismos años (1998 a 2016), así como la dispersión de los datos, que representa las diferencias entre países. Podemos apreciar que la tendencia tanto del máximo como del mínimo es decreciente (marcado como línea de puntos rojos en la Figura 2), aunque el descenso es más marcado para el máximo. También es notable que la dispersión disminuyó entre 2005 y 2010, pero volvió a aumentar en la década de 2010.

La evolución de la participación de mujeres en carreras de informática para los países estudiados se muestra en la Figura 3. El eje horizontal representa la razón de mujeres egresadas en 2016 y el eje vertical la diferencia en esta razón en cada país de 1998 a 2016 (excepto en el caso de Islandia y Canadá, para los cuales no hay datos para 2016, y hemos utilizado los datos de 2014 y 2013 respectivamente). Los países representados debajo del eje horizontal han perdido mujeres graduadas en informática en estos años, y los países arriba, han mejorado en este sentido. En el cuadrante inferior izquierdo se destaca un área específica del gráfico (sombreado en rojo) que representa una evolución particularmente mala (por debajo del 20% en 2016 y que han aumentado la brecha de género en relación a 1998). Hemos marcado esta zona del gráfico porque creemos que los países que aparecen en él están mostrando un marcado problema estructural en cuanto a brecha de género.

También podemos observar que sólo 7 de los 29 países tienen un mejor equilibrio de género en las titulaciones de Informática que en 1998, y que la mayoría ha evolucionado a una situación más sesgada. También es destacable que de los 23 países que tienen menos mujeres graduadas en Ingeniería Informática, solo 3 de ellos tienen una representación superior al 25%, y hay 8 países que han perdido más del 10% de mujeres (menos de -0,1 en el eje y).

V. CARACTERIZACIÓN DE LOS PAÍSES

Se ha aplicado un análisis ANOVA-Tuckey adicional a los datos de los 29 países durante los años 1998-2016 en los grados de Ingeniería Informática. La motivación de este análisis es agrupar países con similitudes en la evolución de la participación femenina para comprobar si existen factores culturales, económicos o de otro tipo que puedan apuntar a una explicación de la baja motivación de las mujeres para cursar estudios de informática.

La Figura 4 muestra el resultado del análisis de Tuckey. Utilizando un criterio de “cobertura máxima de área” sobre la agrupación de países proporcionado por el análisis ANOVA-Tuckey, hemos dividido los 29 países en varios grupos con evolución estadística similar (Figura 4), en términos de participación de mujeres en carreras de INGENIERÍA INFORMÁTICA, que ahora presentamos y se utilizará para la discusión. Hemos nombrado a los grupos como clases, lo que significa que tienen características comunes y, por lo tanto, esta clasificación puede ser útil para países no representados en este estudio debido a la falta de disponibilidad de datos.

Clase A +: esta es la clase superior en términos de participación femenina, ya que en los últimos 19 años hay un 30-35% de mujeres estudiantes en títulos de informática, en una especie de ritmo sostenido: el porcentaje nunca ha bajado del 20% en los peores años y aunque perdieron algunas mujeres por un período, se recuperaron nuevamente y han estado por encima del 30% en los años 2015 y 2016. Los países de esta clase son México, Corea, Suecia y Grecia. La primera observación, tal vez impactante, es que hay países de tres continentes y situaciones muy diferentes.

Clase A: esta también es una clase bastante superior en términos de participación femenina. Estos países tenían entre el 25-40% de participación femenina en 1998, lo cual es bastante alto, pero también perdieron mujeres durante algunos años y no se han recuperado de esto, por lo que presentan un porcentaje menor de mujeres en los años 2015-2016, y solo Turquía mantiene el 30%, mientras que Irlanda y Finlandia están por debajo del 20% y Nueva Zelanda está en el 26%. De nuevo vemos que se trata de un grupo de países muy heterogéneo.

Clase B: En esta clase, los países incluidos tenían una relación entre el 25 y el 30% en 1998, han perdido mujeres a lo largo de los años y todos ellos están por debajo de 1998. Los tres, Australia, Portugal y Estados Unidos están alrededor del 20% en 2015-2016.

Clase C: Todos estos países (excepto Polonia, que registró un pico de casi el 50% en 1998 y descendió brutalmente por debajo del 30% y nunca volvió a subir a este porcentaje) estaban entre el 20 y el 30% también en el año 1998. También perdieron participación de las mujeres y no se han recuperado de la pérdida, estando por debajo del 20% de mujeres en títulos de Informática en 2015-16 (la mayoría de ellas están por debajo del 20% desde 2008).

Clase D: Estos países muestran una particularidad: comenzaron con un bajo nivel de participación (alrededor del 15%) y en lugar de perder mujeres a lo largo de estos años, aumentaron el número de mujeres en los estudios de Ingeniería Informática durante algunos años, luego gradualmente comenzaron a perder nuevamente, y ahora se encuentran en una situación similar a la de 1998.

Clase E: esta clase se caracteriza por una regularidad en un marcado desequilibrio de género en los estudios de informática durante los últimos 19 años. Todos estaban por debajo del 15% de participación femenina en 1998, han mantenido este porcentaje y todavía están por debajo del 15%. La diferencia con el grupo D es que estos países nunca se acercaron al 20%.

Clase F: este grupo de países ya estaba por debajo del 15% a finales de los 90 '. Han estado perdiendo la

Class	Country	ANOVA-Tuckey grouping results													
A+	Mexico	1													
	Greece	1	2												
	Korea	1	2	3											
	Sweden	1	2	3	4										
A	Finland	1	2	3	4	5									
	Ireland		2	3	4	5	6								
	Turkey		3	4	5	6	7								
	New Zealand		3	4	5	6	7	8							
B	United States			4	5	6	7	8	9						
	Australia			4	5	6	7	8	9						
	Portugal			5	6	7	8	9	10						
C	Italy					6	7	8	9	10	11				
	Hungary					6	7	8	9	10	11				
	Denmark					6	7	8	9	10	11				
	United Kingdom						7	8	9	10	11				
	Spain						7	8	9	10	11				
	Canada						7	8	9	10	11	12			
	Poland						7	8	9	10	11	12			
	Iceland						7	8	9	10	11	12			
D	France							8	9	10	11	12	13		
	Luxembourg*							9	10	11	12	13	14		
	Norway							9	10	11	12	13	14		
	Germany							10	11	12	13	14			
E	Austria									11	12	13	14		
	Czech Rep.										12	13	14		
	Slovakia										12	13	14		
F	Netherlands												13	14	
	Switzerland												13	14	
	Belgium													14	

Fig. 4 Clasificación de los países según resultado de ANOVA-Tuckey

participación femenina y en los últimos 5 años todas están en una proporción impactante de menos del 10% de mujeres en títulos de Ingeniería Informática.

VI. ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LOS FACTORES DE INFLUENCIA

Una vez agrupados los países por similitudes en la participación de las mujeres en las carreras de informática, también hemos buscado otros parámetros socioeconómicos (la explicación detallada se presenta en la siguiente sección). El propósito es comprobar si los países de un grupo pueden tener otras similitudes que ayudarían a explicar su situación. La Tabla 3 muestra los parámetros y sus valores y muestra que parece no haber una connotación social común dentro de la mayoría de los grupos.

A partir de la caracterización del país, podemos entender intuitivamente que los países con similitudes en la proporción de mujeres en Informática a lo largo de los años del estudio son muy diferentes en aspectos socioculturales y económicos. Para hacer un estudio formal de las diferencias, hemos complementado el análisis de Tuckey-ANOVA con datos de indicadores socioeconómicos proporcionados por algunos organismos internacionales.

Hemos utilizado un indicador global de brecha de género de la ONU: el Índice de Desigualdad de Género (Gender Inequality Index GII) [30]. Este índice es calculado por la ONU y mide las desigualdades de género en tres aspectos importantes del desarrollo humano: salud reproductiva, empoderamiento y situación económica. Cuanto mayor sea el valor de GII, más disparidades entre mujeres y hombres. El GII se ha incluido en el análisis estadístico porque es un índice relacionado con el género utilizado en estudios previos como en [19] para entender si pudiera existir una relación entre mujeres, empoderamiento y libertad de elección y su actitud hacia la ciencia y la tecnología.

También hemos incluido otros dos factores socioeconómicos que pueden ayudar a explicar o predecir la proporción de mujeres en títulos de informática para un país o grupo de ellas. Estos factores son: el producto interior bruto (Gross Domestic Product GDP) y la tasa de empleo,

TABLE III

VALORES DE LOS INDICADORES SOCIO-ECONÓMICOS DE LOS PAÍSES (2016)
ORDENADOS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN PRESENTADA EN ESTE TRABAJO

País	Clase	HDI	GII	ER	GNI
Mexico	A+	74	0.344	58.9	16623
Korea	A+	22	0.063	76.7	35122
Sweden	A+	7	0.044	59.5	47378
Greece	A+	30	0.115	40.7	24284
Ireland	A	4	0.111	55.6	50475
Finland	A	15	0.058	53.3	40066
Turkey	A	65	0.316	49.9	23500
New Zealand	A	16	0.146	65.8	33679
Australia	B	3	0.111	61.2	43637
Portugal	B	42	0.088	52.1	26521
USA	B	12	0.189	59.1	54104
Hungary	C	45	0.259	52.9	25353
Italy	C	28	0.087	43.1	35299
Denmark	C	10	0.040	59.4	47918
Spain	C	25	0.080	46.7	34258
UK	C	14	0.119	59.4	39116
Canada	C	12	0.093	60.8	43433
Poland	C	34	0.134	53.4	26150
Iceland	C	6	0.054	75.4	45810
France	D	23	0.100	49.9	38202
Norway	D	1	0.050	61.4	67340
Germany	D	4	0.065	58.0	45203
Austria	E	20	0.077	56.8	44443
Czechia	E	27	0.129	57.8	29400
Slovakia	E	39	0.180	54.3	28546
Netherlands	F	10	0.043	59.9	46711
Switzerland	F	2	0.040	65.2	57636
Belgium	F	16	0.047	49.1	41588

HDI = UN ranking position HDI (2016), GII = UN gender inequality index (2016), ER = % employment to population ratio (2016); GNI = Gross national income (\$) (2016)

ambos calculados por la OCDE. El GDP es la cantidad total de dinero que ganan las personas y las empresas de una nación. Se utiliza para medir y rastrear la riqueza de una nación de un año a otro [31]. Las tasas de empleo se definen como una medida del grado en que se utilizan los recursos laborales disponibles (personas disponibles para trabajar). Se calculan como la relación entre la población ocupada y la población en edad de trabajar. La población en edad de trabajar se refiere a las personas de 15 a 64 años [32]. El GNI (Gross National Income) se ha utilizado en este estudio para comprobar si podría existir una relación entre los países más ricos o más pobres y la proporción de mujeres en los títulos de informática. Dado que el sector de las TIC es un sector profesional calificado en crecimiento (que se espera que continúe creciendo a un ritmo aún mayor en la próxima década y que en la actualidad tiene dificultades para encontrar todos los empleados cualificados requeridos), también hemos probado si una tasa de empleo más baja en un país tendría alguna influencia sobre la decisión de las mujeres sobre si matricularse o no en títulos de informática.

Hemos organizado los países por clases en la Tabla 3, junto con los valores de los índices mencionados para los países de nuestro estudio en el último año de los datos analizados (2016). Para esta tabla también hemos introducido el Índice de Desarrollo Humano (IDH) de la ONU. Este índice proporciona una clasificación de los países en términos de desarrollo humano. Fue creado por la ONU, es una medida resumida del logro promedio en dimensiones clave del desarrollo humano: una vida larga y saludable, estar informado y tener un nivel de vida decente [33]. Aunque este índice proporciona una clasificación de países y, por lo tanto, no es adecuado para un análisis estadístico adicional, todavía lo hemos mostrado en la Tabla 3 como una representación formal de las diferencias intuitivas en países de la misma clase.

TABLE IV

ANÁLISIS MULTIFACTORIAL: COEFICIENTES ESTANADARIZOS PARA RATIO
DE MUJERES GRADUADAS EN INFORMÁTICA

Año	Variables	Standardized Coefficient	Standard error	t-ratio	Pr > t
2000	GNI	-0.440	0.311	-1.416	0.170
	GII	0.059	0.312	0.188	0.853
	ER	0.297	0.225	1.323	0.199
2005	GNI	-0.445	0.324	-1.370	0.183
	GII	0.113	0.338	0.336	0.740
	ER	0.187	0.237	0.786	0.439
2010	GNI	-0.044	0.379	-0.116	0.909
	GII	-0.464	0.372	-1.249	0.225
	ER	0.154	0.225	0.685	0.500
2015	GNI	-0.381	0.235	-1.620	0.118
	GII	0.265	0.221	1.198	0.243
	ER	0.180	0.185	0.971	0.341

GNI = Gross national income (\$), GII = UN gender inequality index (2016), ER = % employment to population ratio

Podemos observar en la Tabla 3 que los países de la clase A + (aquellos países con mayor equilibrio de género en CS) son muy diferentes entre ellos. Como indicador cuantitativo podemos comparar su IDH y vemos que hay países como Suecia con una posición muy alta en el IDH (7) y México, con el IDH más bajo de los países analizados en este estudio (74). Además, el índice de desigualdad de género también es muy diferente entre México (muy alto) y Suecia. Otra diferencia se observa en términos económicos, el PIB, de México y Grecia tienen un contraste muy bajo en comparación con Suecia. En la clase A se observa una diferenciación socioeconómica aún más clara entre países.

La clase C es la que concentra el mayor número de países, y los valores socioeconómicos también muestran que se trata de un grupo heterogéneo en todos los aspectos representados en la Tabla 3. Clases E y F (aquellos grupos que presentan un desequilibrio de género muy marcado en Ingeniería Informática durante los últimos 19 años como situación regular), son los más homogéneos, aunque el número de países en cualquiera de estas clases es muy bajo y por lo tanto no se puede inferir una conclusión fundamentada para ellos.

Aunque la Figura 4 y la Tabla 3 ya muestran que las clases de países con similitudes en el campo de la Ingeniería Informática están formadas por países que son cultural y económicamente muy diferentes, hemos querido contrastarlo realizando análisis estadísticos con los datos de la Tabla 3.

Estudios anteriores también han incluido estos indicadores en su análisis estadístico, pero el trabajo revisado muestra estudios separados para diferentes indicadores, mientras que nuestro análisis los incluye todos en un solo procesamiento multifactorial, con el fin de realizar un análisis más amplio y determinar si uno o más de ellos podrían estar influyendo, y en ese caso, el grado de impacto de cada uno de ellos.

El análisis utiliza datos de 2000, 2005, 2010 y 2015 porque no fue posible recopilar datos para todas las variables para todos los años en el rango de tiempo abarcado por nuestro trabajo. Hemos estudiado la correlación de indicadores socioeconómicos en diferentes momentos a lo largo de 15 años para tomarla como indicador científico de una posible causalidad y, no hemos encontrado tal correlación con una continuidad en el tiempo. En el caso de haber encontrado dicha correlación tendríamos que haber

realizado además otro análisis más sofisticado para poder basar estadísticamente la relación entre un factor socioeconómico y el porcentaje de mujeres graduadas en Ingeniería Informática.

Los resultados presentados en esta tabla muestran que los valores de *Pr* no son estadísticamente significativos y tienen una correlación débil. Esto indica que ni la combinación de estos tres indicadores, ni ninguno de ellos por separado, parecen ser capaces de explicar la proporción de mujeres graduadas en informática en ninguno de los 29 países estudiados.

En la Sección VII se puede encontrar una discusión detallada sobre los resultados obtenidos de este análisis.

VII. DISCUSIÓN

Esta sección presenta las respuestas a nuestras preguntas de investigación (Sección 3) basadas en la información recopilada, el análisis de los datos y los análisis estadísticos.

a) ¿Qué ha estado sucediendo en los últimos 19 años en relación con las mujeres y su escaso interés por los estudios de informática?

La proporción de mujeres egresadas Ingeniería Informática en el mundo es significativamente menor que la de finales de los 90 (Figura 1), aunque la situación en todos los países no es similar, como se muestra en la Figura 3. La tendencia general de porcentaje de mujeres graduadas en Ingeniería Informática tiende a disminuir, tanto en los países con los valores máximos, como en los países con los mínimos. Como se ve en la Figura 3, la mayoría de los países se encuentran en una situación peor que en 1998. El porcentaje de países con menos del 20% de representación femenina es muy alto.

Otra idea derivada de la presentación de estos datos es que al abordar el problema de la brecha de género, es importante especificar los países y años en los que se discute el tema, es decir, dar un contexto para una mayor precisión en la discusión. Como ejemplo, en Grecia, Turquía y Suecia la brecha de género ha disminuido, y en 2016 presentan una proporción razonable de mujeres licenciadas en informática, por lo que serían casos interesantes para un estudio detallado. Sin embargo, países como Irlanda o México que en 2016 presentan la misma proporción de mujeres tituladas que Grecia, Turquía y Suecia tienen una trayectoria descendente y también sería interesante comprender las causas de esta pérdida de participación femenina. La mayoría de los países representan una situación general en la que la brecha de género no se está abordando o las estrategias implementadas no están siendo útiles [34] y probablemente deberían reconsiderar su enfoque del tema.

Un análisis ANOVA-Tuckey ha permitido presentar una clasificación de países que ayuda a caracterizar diferentes tendencias en diferentes países y muestra que existe una amplia variedad de situaciones tanto en términos cualitativos como cuantitativos. El cuadro 3 muestra que los países en situaciones similares son muy diferentes en términos culturales y económicos.

En resumen, el promedio de mujeres que se graduaron en Ingeniería Informática, lo que representaría una situación global, es más bajo en 2016 que en 1998 y la tendencia parece ser la de seguir disminuyendo.

b) ¿Están todos los países en una situación similar con

respecto a la participación de las mujeres en las carreras de informática?

A partir de los datos analizados y los resultados del análisis ANOVA-Tuckey, la respuesta a esta pregunta es claramente no. Aunque la clasificación de países presentada puede haber sido organizada de manera diferente, el análisis ANOVA-Tuckey ha demostrado que existe una gran diferencia entre países como México, Italia y Bélgica. Sin embargo, la mayoría de los países se encuentran en una situación en la que la brecha de género es bastante alta y tiende a aumentar. Hay un extremo representado por las clases A + y A con menor brecha de género, y otro, representado por las clases E y F con una brecha muy marcada.

Además, los resultados presentados en la Figura 2 muestran que a fines de la década de los 90 la dispersión entre países era alta (apoyando los resultados obtenidos en el análisis ANOVA-Tuckey), disminuyó por algunos años entre 2006 y 2010 y desde entonces muestra una tendencia al aumento.

Como se mencionó anteriormente, el problema es complejo y, al abordar las cuestiones de la brecha de género, se deben considerar estas diferencias entre países en diferentes etapas.

c) ¿Existe una variable o combinación de ellas que podría explicar o predecir la proporción de mujeres en títulos de informática (ya sea en un país en particular o en una visión más general que podría aplicarse razonablemente a cualquier país)?

De la discusión anterior, hemos visto que desde una perspectiva global existe un problema de brecha de género, pero cuando se analiza la situación de una manera más específica, las diferencias entre países son lo suficientemente significativas como para hacer un esfuerzo en tratar de entender qué factores socioeconómicos podrían estar relacionado con estas diferencias.

Hemos elegido tres variables distintas relacionadas con la economía, el empleo y la equidad de género para estudiar la posible correlación entre ellas y el número de mujeres en carreras de informática, en un análisis multifactorial ya que es muy probable que la relación pueda depender de una combinación de factores más bien que estar directamente relacionado con uno de ellos.

No se ha encontrado una correlación estadística clara durante un período de 15 años para ninguno de los casos. Algunas tendencias pueden ser interesantes, aunque no estadísticamente significativas. Como ejemplo, los resultados muestran una proporción inversa con el Ingreso Nacional Bruto, aunque el coeficiente de correlación no muestra una relación estadística. Además, los valores de los coeficientes estandarizados presentan oscilaciones de un orden de magnitud entre unos años y otros (entre -0,440 (2000) y -0,044 (2010)). En una situación similar se encuentra la relación entre el porcentaje de empleo y la población, en este caso la relación sería directamente proporcional siendo las variaciones en los valores de los coeficientes estandarizados menor que en el caso anterior pero aún alta (de 0,297 en 2000 a 0,154 en 2010).

Finalmente, la relación entre el índice de desigualdad de género (GII) y la proporción de mujeres en las titulaciones en informática es la única variable estudiada que no muestra

homogeneidad: en 2000 habría una relación directa de GII y mujeres graduadas en ES pero el valor del coeficiente es tan bajo (0.059) que no solo no es estadísticamente relevante, sino que también podemos decir que no tiene ninguna influencia. Sin embargo, en 2010 el mismo coeficiente (-0,464) indicaría lo contrario, una relación inversa (este año, este coeficiente es el más alto de los cuatro). Además, en 2015 el coeficiente es positivo (relación directa) con un valor de 0,265.

Como conclusión, de las tres variables estudiadas, ninguna de ellas ha demostrado ser estadísticamente significativa y, por tanto, servir potencialmente de base sólida para una explicación socioeconómica de la baja participación femenina en informática.

VIII. CONCLUSIONES

Como se explicó anteriormente, los estudios sobre este tema presentan trabajos que son globales o específicos en un instante de tiempo; o analizan la Ingeniería Informática dentro de un enfoque STEM. El trabajo presentado en esta publicación no pretende resolver el problema de la brecha de género, sino resaltar una serie de datos y su análisis que hasta ahora no se habían realizado de esta forma y que pueden servir a futuros investigadores para proponer soluciones en una forma más precisa.

Podemos decir que la proporción de mujeres que se gradúan en estudios de informática es muy baja en general. En la mayoría de los países estudiados hemos encontrado que es igual o inferior al 20%, y en aquellos países con una mayor proporción de mujeres graduadas es inferior al 40% y lo ha sido durante los últimos 19 años.

Si bien el problema en sí es global, es decir, compartido por la mayoría de los países del mundo, las estrategias para solucionar este problema deben adaptarse a cada país, ya que hemos visto que la situación y evolución temporal es varía mucho de algunos grupos de países a otros. En este sentido, hemos presentado una clasificación que podría ser útil en el estudio de diagnóstico antes del diseño de estrategias o políticas de gobierno. También hemos visto que la evolución de macro-variables como el Ingreso Nacional Bruto o el Índice de Desigualdad de Género en relación con la evolución de las mujeres egresadas en Informática no muestran una correlación que pueda ser útil para predecir o analizar las causas de esta situación. El análisis de los puntos en común y las diferencias de una clase de países que han seguido una evolución similar es más práctico en términos de diseño de estrategias que un enfoque transnacional más general, lo que ha motivado la propuesta de las siete clases presentadas en este artículo.

Los datos presentados indican que la brecha de género en las carreras de informática presenta particularidades que justifican un tratamiento separado de este campo tanto en términos de estudio como de políticas. En este sentido, la investigación futura debe centrarse en grupos de países con similitudes, como los agrupados en clases en este artículo.

REFERENCES

- [1] European Commission Research and Innovation. She Figures Handbook. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/publications/she-figures-handbook-2018_en accessed in July 2020.
- [2] C.A Moss-Racusin, J.F Dovidio, V.L Brescoll, M.J Graham and J Handelsman. Science faculty's subtle gender biases favor male students. Proceedings of the National Academy of Sciences. USA. 2012. doi: 10.1073/pnas.1211286109.
- [3] Organization for Economics, Co-operation and Development (OECD). OECD.stat <https://stats.oecd.org/> in July 2020.
- [4] T Camp. The incredible shrinking pipeline. Communications of the ACM 40(10), 103-110. 1997
- [5] D Güreer and T Camp. An ACM-W literature review on women in computing. SIGCSE Bull. 34(2), 121-127. 2002 doi: <http://dx.doi.org/10.1145/543812.543844>.
- [6] Vitores A. and Gil-Juarez A. The trouble with 'women in computing': a critical examination of the deployment of research on the gender gap in computer science. Journal of Gender Studies. 2016 <https://doi.org/10.1080/09589236.2015.1087309>
- [7] E.D Bunderson and M.E Christensen. An analysis of retention problems for female students in university computer science programs. Journal of Research on Computing Education 28(1), 1-18. 1995
- [8] M Klawe. Increasing Female Participation in Computing: The Harvey Mudd College Story. Computer, 46(3), 56-58. 2013 doi: 10.1109/MC.2013.4.
- [9] S Cheryan, V. C Plaut, P.G Davies and C.M Steele. Ambient belonging: how stereotypical cues impact gender participation in Computer Science. Journal of Personality and Social Psychology, 97, 1045-1060. 2009. doi:10.1037/a0016239
- [10] J Mayer-Smith, E. Pedrettib and J Woodrowa. Closing of the gender gap in technology enriched science education: a case study. Computers & Education 35(1), 51-63. 2000. doi: 10.1016/S0360-1315(00)00018-X.
- [11] M Cole. Contextual Factors in Education: Improving Science and Mathematinformática Education for Minorities and Women. Prepared for Committee on Research in Mathematics, Science, and Technology Education; Commission on Behavioral and Social Sciences and Education and National Research Council. Ed.; Griffin. Available from Center Document Service, Wisconsin Center for Education Research. 1987.
- [12] M.E Lockheed. Women, girls, and computers: A first look at the evidence. Sex Roles 13(3), 115-122. 1985 doi: 10.1007/BF00287904.
- [13] A. Yeaman. Seven myths of computerism. Tech Trends 37 (2), 22-26. 1992.
- [14] C. Eney, E. Lazowska, H. Martin and S. Reges (2013). Broadening participation: The why and the how. Computer 46(3) 48-51. doi: 10.1109/MC.2013.83.
- [15] C. Ashcraft and S. Bliithe. Women in tech: the facts. National Center for Women and Technology. Retrieved from <https://www.ncwit.org/resources/women-tech-facts-2016-update> in July 2020.
- [16] A. Datta, M. Tschantz and A. Datta. Automated Experiments on Ad Privacy Settings. Proceedings on Privacy Enhancing Technologies 2015(1), 92-112. 2015 doi: 10.1515/popets-2015-0007.
- [17] A. García-Holgado et al., "Gender equality in STEM programs: a proposal to analyze the situation of a university about the gender gap," 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2020, pp. 1824-1830, doi: <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125326>
- [18] L. J Sax, K. J Lehman, J.A Jacobs, M.A Kanny, G Lim, L. N Monje-Paulson and H. B Zimmerman. Anatomy of an Enduring Gender Gap: The Evolution of Women's Participation in Computer Science. The Journal of Higher Education 88(2), 258-293. 2017 doi: 10.1080/00221546.2016.1257306.
- [19] G Stoet and D. C Geary. The gender-equality paradox in science, technology, engineering, and mathematinformática education. Psychological sciences, 29(4), 581-593. 2018
- [20] Ashcraft C., McLain B. and Eger E., Women in tech: The facts, NCWIT's Workforce Alliance. 2016 https://www.ncwit.org/sites/default/files/resources/womenintech_facts_fullreport_05132016.pdf (Accessed November 2020)
- [21] W.A Wulf. Diversity in Engineering. The Bridge 28(4). 1998
- [22] C McNear. You'll Have to Pry My Tiny Smartphone From My Cold Dead Very Small Hands. In The Ringer - Tech at <https://www.theringer.com/tech/2018/4/25/17282336/small->

- [iphone-size-apple-samsung-galaxy-jelly-mobile](#) in July 2019.
- [23] Z Tufekci. It's a man's phone. In Technology and Society: <https://medium.com/technology-and-society/its-a-mans-phone-a26c6bee1b69> in July 2019.
- [24] UNESCO EQUALS Skills Coalition. I'd blush if I could: closing gender divides in digital skills through education. 145 pages. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367416.page=1> in July 2020.
- [25] J Dustin. Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women. Reuters. <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight/amazon-scraps-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK08G> in July 2020.
- [26] C Aylin, J. J Bryson and A Narayanan. Semantiinformática derived automatically from language corpora contain human-like biases. Science 356(6334), 183-186. 2017 doi: 10.1126/science.aal4230.
- [27] OECD, "Education Database: ISCED-97, Graduates by field of education (Edition 2014)", OECD Education Statistiinformática (database), <https://doi.org/10.1787/e404ffa1-en> (accessed on November 2020).
- [28] OECD, "Education Database: Graduates by field", OECD Education Statistiinformática (database), <https://doi.org/10.1787/70f3e843-en> (accessed on November 2020).
- [29] Food and agriculture organization (FAO) of the United Nations. Country codes/names list. in <http://www.fao.org/countryprofiles/iso3list/en/> in July 2020.
- [30] UN GII, United Nations Development Programme: Human development reports. Data on Gender Inequality index. <http://hdr.undp.org/en/content/gender-inequality-index-gii> (accessed November 2020).
- [31] OECD GNI, Gross national income (indicator). <https://doi.org/10.1787/8a36773a-en> (Accessed on November 2020)
- [32] OECD ER, Employment rate (indicator). <https://doi.org/10.1787/1de68a9b-en> (Accessed on November 2020)
- [33] UN HDI, United Nations Development Program: Human development reports. Data on Human development index. <http://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi> (accessed November 2019).
- [34] García-Holgado A., Verdugo-Castro S., Sánchez-Gómez M.C. and García-Peñalvo F.J. Trends in studies developed in Europe focused on gender gap in STEM. Proceedings of XX International Conference on Human Computer Interaction 2019 <http://dx.doi.org/10.1145/3335595.3335607>
- [35] Alex Duncan, et al. 2020. Enrollment Motivations in an Online Graduate INFORMÁTICA Program: Trends & Gender- and Age-Based Differences. In Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '20). ACM, New York, USA, 1241–1247. <https://doi.org/10.1145/3328778.3366848>
- [36] Soylu Yalcinkaya N, Adams G. A "Cultural Psychological Model of Cross-National Variation in Gender Gaps in STEM Participation". Personality and Social Psychology Review. 2020;24(4):345-370. <https://doi.org/10.1177/1088868320947005>



Sara Roman Navarro es profesora contratada doctora en el Dpto. de Arquitectura de Computadores y Automática de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Obtuvo su doctorado en 2009 en la UCM con una tesis dirigida por D. Mozos, H. Mecha y J. Septién a partir de un trabajo de investigación relacionado con hardware reconfigurable. En 2010 obtuvo una plaza de profesora contratada doctora en el Dpto. Arquitectura de Computadores y Automática de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Su tarea docente se ha desarrollado en gran medida en el ámbito del impacto social de las TIC y como consecuencia de ello, su investigación en los últimos años se ha centrado en aspectos éticos y sociales de las TIC, incluyendo formación y publicaciones relacionadas con la brecha de género en ese ámbito.



universitario.

Marcos Sánchez-Élez Martín es profesor contratado doctor en el departamento de Arquitectura de Computadores y automática de la Universidad Complutense de Madrid. Obtuvo su doctorado en 2007. Sus áreas de interés en la actualidad están centradas en el diseño ético y la ciberseguridad. Es coautor de más de 50 artículos en revistas y conferencias. Participa activamente en distintos proyectos de innovación educativa así como docente en cursos de formación del profesorado