A School of Engineering Faculty Characterization: Are there Gender Gaps?

Wiener, M. Julia[1]; Providel, Eliana[2]; Araya Bruna, Gabriela[3]; Vindigni, Gina[4]
[1,2,4]Universidad de Valparaiso, Chile, *julia.wiener@uv.cl, eliana.providel@uv.cl, gina.vindigni@uv.cl*
[3]Universidad Técnica Federico Santa María, Chile, *gabriela.arayab@usm.cl*

In the school of Engineering at a Chilean university, the Engineering 2030 Project aims to develop a policy for attracting, retaining, and promoting Women in Engineering. To achieve this objective, it is necessary to have an updated assessment of existing gender gaps and barriers, which will contribute to the policy's formulation and enable the design of effective strategies. A survey was administered to the academic faculty to describe and characterize women's participation; identify potential challenges related to academic roles, with an emphasis on management and research; and evaluate possible initiatives aimed at fostering greater attraction, retention, and professional development for women. Results show that gender gaps at the School of Engineering are not limited to the proportion of women faculty but are expressed through the unalike assessment of the authority and management roles, the assessment of work-family balance, the perceptions about gender related work environments, and the access to opportunities for participation and peer recognition. Furthermore, the differing opinions between male and female participants of the potential measures to address these gaps provide a roadmap for the policy implementation process.

Keywords—STEM, faculty, Women in Engineering, gender gaps, Chile

Caracterización del Estamento Académico de la Facultad de Ingeniería de una Universidad Chilena: ¿Existen Brechas de Género?

Wiener, M. Julia[1]; Providel, Eliana[2]; Araya Bruna, Gabriela[3]; Vindigni, Gina[4]
[1,2,4]Universidad de Valparaiso, Chile, *julia.wiener@uv.cl, eliana.providel@uv.cl, gina.vindigni@uv.cl*
[3]Universidad Técnica Federico Santa María, Chile, *gabriela.arayab@usm.cl*

En el marco de un Proyecto Ingeniería 2030, una Facultad de Ingeniería de Universidad chilena tiene como objetivo elaborar una Política de Atracción, Permanencia y Promoción de Mujeres en Ingeniería. Para lograr este objetivo, es necesario contar con un diagnóstico actualizado sobre posibles brechas y barreras de género existentes, que contribuya a la formulación de la política y permita el diseño de estrategias efectivas. Se aplicó una encuesta dirigida al estamento académico, que permite describirlo y caracterizar la participación femenina; identificar posibles desafíos relacionados a las funciones académicas con énfasis en la gestión y la dedicación a investigación; y valorar posibles iniciativas tendientes a fomentar su mayor atracción, permanencia y desarrollo. Los resultados evidencian que las brechas de género en esta Facultad de Ingeniería no se limitan a la proporción de mujeres en el estamento académico, sino que se expresan de manera transversal en la valoración de los cargos de autoridad, el equilibrio entre vida personal, familiar y laboral, las percepciones de clima laboral con relación al género, y en el acceso a instancias de participación y reconocimiento entre pares. Además, las diferencias de valoración de posibles medidas para abordar estas brechas constituyen una hoja de ruta para el proceso de implementación de la Política.

Palabras clave– STEM, academia, mujeres en ingeniería, brechas de género, Chile.

I. Introducción

A nivel global, la subrepresentación de las mujeres en la ciencia no se limita al acceso a la educación superior, sino que se profundiza a medida que se avanza en la carrera académica. Si bien el ingreso de mujeres a la educación superior ha alcanzado niveles de paridad, e incluso de mayoría, en numerosos países [1], esto no se traduce en una participación equivalente en la actividad de investigación de alto nivel ni en los cargos de mayor jerarquía académica. La literatura ha documentado este fenómeno mediante conceptos como la segregación vertical, la disminución progresiva de la presencia femenina a medida que se asciende en la jerarquía académica, y los efectos Mateo y Matilda, que explican cómo el reconocimiento y el acceso a financiamiento tienden a reproducirse y concentrarse en investigadores varones, mientras que las investigadoras deben sortear mayores barreras para obtener el mismo nivel de reconocimiento, financiamiento y promoción [2].

En el caso chileno, esta brecha se expresa con claridad en la productividad científica. Un análisis bibliométrico de las publicaciones indexadas de investigadores con afiliación chilena mostró que, entre 2008 y 2021, solo el 37% correspondió a autoras mujeres, y que esta subrepresentación se acentúa en el grupo de mayor productividad, donde las mujeres representan apenas un 17% de quienes concentran el mayor número de publicaciones e índice h [2]. De mantenerse esta tendencia, se estima que la brecha de género en la producción científica de prestigio tardaría más de un siglo en cerrarse. Esta situación es coherente con la denominada "tubería con fugas": la pérdida de participación femenina no ocurre al ingreso a la disciplina, sino de manera acumulativa a lo largo de la trayectoria académica, profundizándose en las etapas de mayor exigencia de productividad y reconocimiento por pares [3].

La brecha también se manifiesta con fuerza en el acceso a los cargos de gestión y autoridad académica. Un estudio sobre la participación femenina en la gestión directiva universitaria en Chile constató que las mujeres ocupan solo el 11% de las rectorías, el 28% de las vicerrectorías y el 26% de los decanatos a nivel nacional, con una representación aún menor en las facultades de ingeniería (9,9% de las decanaturas, la segunda cifra más baja entre todas las áreas del conocimiento) [4]. Entre las principales barreras identificadas para el acceso de las mujeres a estos cargos se encuentran la incompatibilidad entre las responsabilidades familiares y laborales, la percepción de rechazo masculino hacia el liderazgo femenino, y la tensión entre las tareas de gestión y de investigación, estas últimas más valoradas dentro de la carrera académica para efectos de jerarquización y ascenso. De hecho, quienes ejercen cargos de gestión suelen ver reducida su productividad científica, lo que, dado que esta concentra el mayor peso en la evaluación académica, termina penalizando indirectamente a quienes asumen este tipo de responsabilidades, mayoritariamente mujeres.

La brecha de género se profundiza en las carreras STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas por sus siglas en inglés), que a nivel global han mostrado un desequilibrio persistente en la participación de mujeres. En Chile, el informe del Servicio de Información de Educación Superior [5], reporta que el 19.7% de las mujeres que ingresan a la educación superior eligen carreras STEM. Y luego, en la trayectoria profesional de mujeres en la academia, el

porcentaje de mujeres disminuye a medida que adquieren mayor calificación académica [6].

Las razones que explican la menor participación femenina en carreras STEM son diversas. Bordón, Canals y Mizala [7] encuentran que las candidatas mujeres, igualmente calificadas que los candidatos hombres, tienden a postularse a los programas selectivos con menos frecuencia. Las aspiraciones profesionales y percepción de las propias capacidades de las niñas y jóvenes están moldeadas por estereotipos sociales sobre el género, siendo expuestas a mensajes socializados que refuerzan la percepción de que STEM es un campo predominantemente masculino [8],[9]. Además, la falta de programas educativos inclusivos y actividades prácticas dificulta que niñas y jóvenes encuentren motivación para explorar estas disciplinas [10].

La menor participación femenina en STEM tiene implicancias económicas y profesionales. Las mujeres en tecnología e ingeniería pueden sufrir una mayor discriminación en el mercado laboral versus otros campos [11]. Las mujeres siguen estando subrepresentadas en puestos de poder y estatus, y los trabajos mejor remunerados son aquellos en los que se registra un mayor desequilibrio de género. Existen oportunidades limitadas para el desarrollo profesional de las mujeres, escasos ejemplos de mujeres exitosas a seguir y pocas mentoras, así como sesgos en la contratación, compensación y promoción, todo lo cual produce desequilibrios de género [12]. Bustelo, et al. [13] encuentran que las carreras seleccionadas por mujeres y hombres explican el 50% de la brecha salarial de género en la media, y que las de STEM contribuyen al 30% de esta diferencia. Kleven, Landais y Søgaard [14] muestran que la mayor parte de la desigualdad de género en los ingresos ocurre en el momento de tener hijos. La llegada de los niños crea una brecha de género en los ingresos de alrededor del 20% en el largo plazo, creada en proporciones parecidas por la participación en la fuerza laboral, las horas de trabajo y los salarios.

Para abordar las brechas de participación femenina en carreras STEM, existen estrategias eficaces que se han implementado a nivel internacional y local. La promoción de modelos de referencia femeninos, la mentoría y la visibilidad de mujeres en roles de liderazgo emergen como herramientas clave [15]. Iniciativas como el Día Internacional de la Mujer en Ingeniería y los premios IET "Young Woman Engineer of the Year" [16] han sido fundamentales para celebrar los logros femeninos en STEM. La visibilidad de mujeres líderes en ingeniería es crucial para inspirar a la próxima generación y desmontar estereotipos de género. En Chile se han implementado programas como "+Mujeres Científicas", logrando un incremento del 16.8% en la matriculación femenina en STEM entre 2023 y 2024 [17]. Estas políticas, combinadas con programas educativos inclusivos, son esenciales para cerrar brechas estructurales [18].

En ese contexto, una Facultad de Ingeniería (FACING) de Chile establece, entre sus objetivos de fortalecimiento institucional, elaborar una política de atracción, permanencia y promoción de mujeres en la ingeniería y fortalecer la participación de las académicas en actividades de Investigación, Desarrollo e Innovación y Emprendimiento (I+D+i+e). Sin embargo, la definición de esta política y su plan de implementación requiere conocer la situación actual de las mujeres en la facultad, entender las brechas y barreras de género que pudiese haber, e identificar experiencias y buenas prácticas, con el fin de establecer una línea de base y generar una propuesta de estrategias cuyo resultado esperado es aumentar la participación femenina en esta Facultad. En ese sentido, las preguntas de investigación que surgen incluyen: ¿Cuál es la situación de la Facultad de Ingeniería en términos de participación femenina en el estamento académico? ¿Hay barreras que impiden o limitan una mayor participación de mujeres? y si ese es el caso, ¿qué estrategia y acciones debería implementar la facultad para aumentar su participación y liderazgo? La hipótesis inicial es que esta facultad de ingeniería presenta niveles de participación femenina similares a los reportados en la literatura. que existen barreras y brechas no identificadas que limitan o condicionan esa participación, y que se pueden diseñar e implementar acciones concretas para fomentar una mayor participación de académicas en distintas funciones dentro de la FACING.

El presente estudio es parte de una serie de actividades de diagnóstico, y tiene como objetivo general caracterizar la participación femenina en el estamento académico de la Facultad de Ingeniería, para identificar oportunidades de incrementar y fortalecer esa participación. Los objetivos específicos son:

1. Caracterizar el estamento académico para hacer un diagnóstico de participación femenina en la FACING.
2. Identificar brechas y barreras para la participación femenina en el estamento académico, así como oportunidades de acción específicas para el contexto de la FACING.
3. Evaluar propuestas y estrategias para fomentar una mayor productividad y fortalecer la participación femenina en la institución.

Se espera que este diagnóstico permita comprender mejor las necesidades y desafíos del estamento académico para implementar políticas y estrategias efectivas que favorezcan su bienestar y desarrollo.

II. METODOLOGÍA

A. Área de Estudio

La FACING nace el año 2011, considerando la conveniencia y necesidad de esta universidad chilena de consolidar y fomentar el cultivo y la enseñanza de la Ingeniería. Actualmente está compuesta por 8 escuelas de diferentes carreras de la Ingeniería. Ofrece formación de pregrado, Magíster y Doctorado, además de cursos de formación continua y diplomados.

Al momento de realizar este estudio, el estamento académico de la FACING se compone de 33 (27.5%) académicas y 87 (72.5%) académicos, entre contrataciones de planta y a contrata, de entre 22 y 44 horas semanales. Además,

el cuerpo docente estable se complementa con 8 profesionales docentes (todos hombres).

B. Propuesta metodológica

El estudio propuesto es no experimental de tipo descriptivo y exploratorio, ya que se centra en documentar la percepción y experiencia de los académicos y académicas de la FACING respecto de su desarrollo en actividades de investigación y gestión, identificando las principales barreras que pueden incidir en sus trayectorias y las condiciones que podrían favorecer una mayor incorporación de mujeres en estos espacios. La metodología propuesta permite combinar enfoques cuantitativos y cualitativos, necesarios para abordar un fenómeno complejo y multifacético como la brecha de género en STEM.

1) Métodos e Instrumentos: Se implementó una encuesta dirigida a todos los académicos y académicas de la FACING. Esta encuesta es un instrumento que se desarrolló específicamente para este estudio utilizando como referencia general un instrumento diagnóstico de género de la universidad y encuestas diagnóstico de género aplicadas en otras universidades chilenas, adaptándolos para relevar información no disponible en los diagnósticos existentes. El instrumento fue validado por el decanato de la FACING y por la Dirección de Igualdad y Diversidad de la universidad. Es una encuesta de carácter anónimo, que recolecta datos de caracterización, así como percepciones y opiniones de las personas participantes. Consta de 24 ítems, elaborados específicamente para este estudio, que fueron testeados en encuestas masivas. Se realizaron diversas pruebas piloto con un grupo reducido de académicas que testearon la comprensión de las preguntas, así como los tiempos de respuesta y la identificación de preguntas sensibles. El instrumento fue aprobado por el Comité de Ética Científica de la FACING, e incluye la solicitud de un consentimiento informado donde se especifican todos los requisitos establecidos por el comité. La encuesta se implementó a través de un formulario online de la plataforma Surveymonkey [19]. La invitación a participar de esta encuesta se hizo mediante una carta enviada por email. La participación fue completamente voluntaria y anónima.

La Tabla I describe las dimensiones consideradas, algunos ejemplos ilustrativos de enunciado de cada ítem, y el tipo de respuesta propuesto. Esta encuesta permite recopilar información sobre las características demográficas, familiares, académicas y profesionales del estamento académico, así como identificar los principales desafíos para equilibrar sus responsabilidades personales, familiares y laborales. También recoge la percepción sobre las condiciones de trabajo, incluyendo aspectos de carga laboral, oportunidades de desarrollo profesional y equidad; sobre el ambiente laboral, enfocándose en temas como la percepción de equidad de género; y el apoyo institucional hacia la investigación y el desarrollo (I+D+i+e). Finalmente, el instrumento recopila percepciones sobre barreras, áreas de mejora y oportunidades para promover un entorno laboral inclusivo, equitativo y motivador.

TABLA I
DIMENSIONES, PREGUNTAS Y TIPOS DE RESPUESTAS DEL INSTRUMENTO

Dimensión (Cantidad de ítems)	**Ejemplos de preguntas del cuestionario**	**Tipo de respuesta**
Caracterización (3)	*¿Cuál es su sexo?* *Indique su edad* *Si tiene hijos indique cuantos*	Opción múltiple de selección única Numérica
Perfil Académico y formación profesional (8)	*¿Tiene algún postgrado? Indique su grado académico más alto*	Opción múltiple de selección única
	¿Cuántos años de trabajo asociado a la academia tiene? (considerando tanto docencia e investigación)	Opción múltiple de selección única
	¿Ha tenido algún cargo de autoridad en esta Facultad?	Dicotómica
Equilibrio entre vida personal, familiar y laboral (2)	*Indique a continuación qué tan difícil le resulta compatibilizar responsabilidades personales, familiares y laborales.*	Escala Likert 5 puntos (1→ muy fácil/ 5→ muy difícil)
	Principal obstáculo para la carrera académica/laboral	Opción múltiple de selección única con campo "Otro"
Carga laboral y reconocimiento (2)	*Cuántas horas reales, en promedio, dedica actualmente a (funciones académicas)*	Numérica
Clima laboral (4)	*A continuación, indique con qué frecuencia ha experimentado estas situaciones:*	Escala Likert 5 puntos (1 → nunca / 5 → siempre)
	Ha tenido un conflicto con otro/a colega que, en su comprensión, está relacionado con una dimensión de género.	Dicotómica con campo "Comente"
Dedicación en Investigación, Desarrollo e Innovación (3)	*Si no tiene dedicación en I+D+i o tiene menos dedicación de la que quisiera, ¿Cuál es la razón principal?*	Opción múltiple de selección única con campo "Otro"
	¿Cuán difícil es reservar un "horario significativo" (ej: 4 h seguidas) para permitir la concentración en I+D+i+e?	Escala Likert 5 puntos (1→ muy fácil/ 5→ muy difícil)
Inclusión y participación femenina (2)	*Valorice las propuestas para aumentar la participación femenina en la Facultad de Ingeniería*	Escala Likert 5 puntos (1→ nada importante/ 5→ muy importante)

2) Población y muestra: La población objetivo de esta encuesta fue el universo de 128 académicos, académicas y profesionales docentes de la FACING. Los criterios de inclusión fueron la disposición para participar en la encuesta y la firma del consentimiento informado. Las potenciales personas participantes son todos los académicos y todas las académicas de la Facultad de Ingeniería, en todas las formas de contratación, por lo que no existe criterio de exclusión. La participación fue un proceso voluntario.

3) Análisis: Se utilizó estadística descriptiva para caracterizar la muestra, en términos globales y disgregada por sexo.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Caracterización y perfil académico

La encuesta se aplicó entre los meses de julio y diciembre de 2025. La invitación y difusión se realizó por medios oficiales de comunicación de la facultad, específicamente desde correos institucionales y hacia el correo electrónico institucional de cada académico/a o profesional docente. Fue respondida por 49 personas lo que da una tasa de respuesta de 41%. La composición de la muestra es de 57% participantes de sexo masculino (N=28) y 43% femenino (N=21) lo que significa que las académicas tuvieron mayor tasa de respuesta (63% vs 30% de los académicos).

La Tabla II resume los rangos etarios y cantidad de hijos de las personas participantes. La mayoría (67%) está en el rango etario de 40 a 59 años, y la muestra no tiene académicas mujeres de más de 60 años. Si bien esto puede responder a la no participación en la encuesta de académicas de mayor trayectoria, también puede evidenciar un aumento en el tiempo en la incorporación de mujeres en el estamento académico de la facultad. El 37% de los participantes en la encuesta tiene 2 hijos, y el 25% de los que respondieron no tienen hijos, existiendo en la muestra una relación positiva entre la edad y la cantidad de hijos. Se observa además que las académicas de menor edad reportan, en promedio, menos hijos que sus pares hombres del mismo tramo etario, mientras que los académicos de mayor edad concentran la mayor cantidad de hijos.

TABLA II
RANGO ETARIO Y CANTIDAD DE HIJOS DE LOS PARTICIPANTES, POR SEXO

Rango Etario	**Sexo**		**Hijos**				
			No tiene	**1**	**2**	**3**	**4+**
34-39	M	3	0	1	2	0	0
	F	3	2	0	1	0	0
40-49	M	7	3	2	1	1	0
	F	8	3	1	4	0	0
50-59	M	8	0	2	5	1	0
	F	10	3	2	3	1	1
60-69	M	6	0	0	2	2	2
70+	M	4	1	0	0	0	3
Totales		**49**	**12**	**8**	**18**	**5**	**6**
%			25%	16%	37%	10%	12%

La Fig. 1 presenta la distribución por sexo y nivel de educación alcanzado. Todas las mujeres que respondieron la encuesta tienen postgrado, alcanzado el 57% grado de magister y el 43% doctorado. Se evidencia que en el grupo masculino hay mayor nivel de doctorado (53.6%).

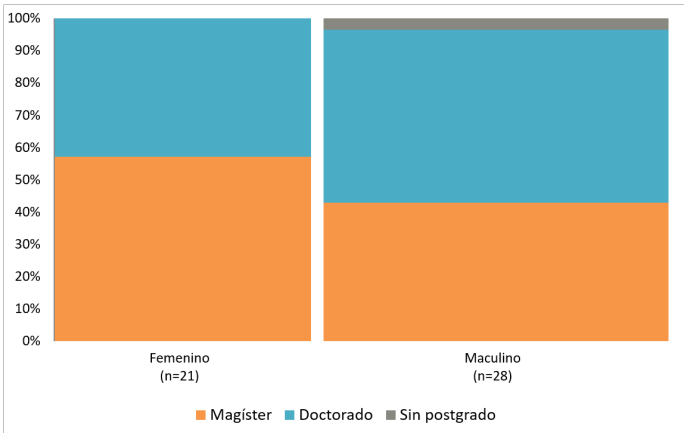


Fig. 1 Distribución por sexo y nivel de educación alcanzado. N=49.

Respecto a la antigüedad en la academia y nivel de jerarquía alcanzado, se resume en la Fig.2 disgregado por sexo. Podemos apreciar que para la muestra, en el caso de los hombres se cumple que la antigüedad es un predictor de jerarquía, pero esto no necesariamente ocurre en el caso de las mujeres.

El 59% de los participantes en la encuesta manifiesta haber tenido algún cargo de autoridad en la FACING, esto es por ejemplo cargo de Jefe/a de Carrera, Director/a de Escuela, Dirección de programa de postgrado, u otro. Si disgregamos por sexo, la respuesta afirmativa corresponde al 68% de los participantes masculinos, y el 48% de las participantes femeninas. Cuando se consulta por la valoración de la experiencia de cargo de autoridad, el 80% de los hombres manifiestan que fue entre "buena" y "excelente" y que lo volvería a realizar; lo mismo responden el 60% de las mujeres, mientras que el 40% restante indica que la experiencia fue "regular", y no lo volvería a realizar o no se pronuncia al respecto. Cuando se preguntó "por qué no lo volvería a realizar", las respuestas masculinas incluyen (en paréntesis la frecuencia): falta de interés (1), enfocarse en desarrollar su área de investigación (2) y dificultades institucionales para la gestión (1) mientras que las respuestas femeninas aducen falta de valoración (1) y que representa una carga de trabajo adicional (1). En este sentido, la literatura internacional documenta que las mujeres en cargos de gestión académica asumen responsabilidades de liderazgo sistemáticamente subvaloradas y menos reconocidas en los procesos de evaluación y promoción [20], [21]. Para los hombres, no volver a asumir un cargo de autoridad responde principalmente a preferencias profesionales y a factores externos o institucionales, mientras que para las mujeres remite a una experiencia de sobrecarga y falta de reconocimiento.

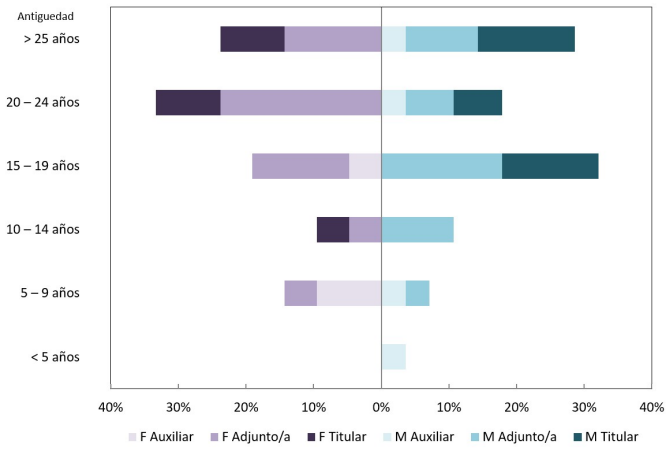


Fig. 2 Pirámide de distribución de antigüedad y nivel de jerarquía, por sexo. N=49.

Respecto al grupo que manifiesta no haber tenido cargo de autoridad en la FACING, la Tabla III detalla los motivos. Se destaca el 36% de las mujeres que manifiesta no tener interés por este tipo de funciones, en comparación con un 22% de hombres que eligen esta respuesta, y que solo las mujeres describan que este tipo de funciones son incompatibles con sus responsabilidades familiares (9%). En el caso de los que respondieron "Otro" los motivos incluyen (en paréntesis la frecuencia), en el caso de los participantes masculinos, ser una incorporación reciente (1), la forma de designación de estos cargos (2) o incompatibilidad por el tipo de cargo o contrato (2). En el caso de las participantes femeninas, los motivos incluyen incompatibilidad de género o profesional (1), falta de tiempo (1), tipo de contrato (1) y falta de oportunidad (1).

TABLA III
MOTIVOS POR LAS QUE NO HA TENIDO CARGO DE AUTORIDAD, POR SEXO

	Femenino	Masculino
Sin interés por este tipo de funciones	36%	22%
Sin posibilidad de tener la dedicación y flexibilidad horaria que conlleva este cargo.	9%	22%
Porque implicaría disminuir el tiempo dedicado a la parte I+D+i y el avance asociado a CV de académica/o.	9%	11%
Es incompatible con mis responsabilidades familiares	9%	0%
Otro (especifique)	36%	44%

2. Equilibrio entre vida personal, familiar y laboral

La Fig. 3 describe la valoración de los participantes respecto a la facilidad o dificultad de compatibilizar responsabilidades personales, familiares y laborales, por sexo. El 41 % de las respuestas masculinas indica que es "Fácil" y el 44% indica que es "Regular". En el caso de las mujeres, el 19% manifiesta que es "Fácil", el 48% indica que es "Regular", el 24% que es "Difícil" y el 5% que es "Muy difícil". El análisis cruzado de respuestas con otras variables indica que de las 9 personas que respondieron "Difícil" o "Muy Difícil", el rango etario es de 41 a 57 años, con promedio 48; y 1 académico/a tiene jerarquía titular, 6 son adjunto y 2 auxiliares. En conjunto, estos resultados evidencian que, para los hombres, compatibilizar las esferas personal, familiar y laboral resulta comparativamente más sencillo que para las mujeres, para quienes la conciliación se presenta como un desafío persistente independientemente del nivel jerárquico alcanzado. La maternidad y las tareas de cuidado familiar son uno de los aspectos más relevantes que determinan la mayor tasa de interrupción de carrera laboral por parte de las mujeres en STEM en Chile [22].

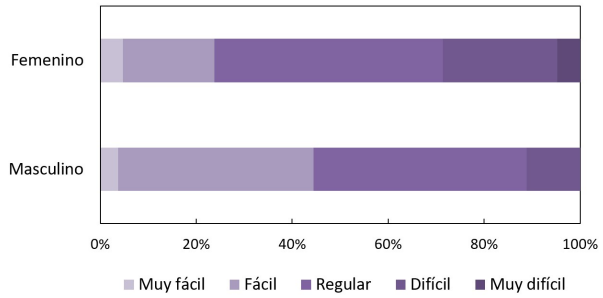


Fig. 3 Valoración de dificultad de compatibilizar responsabilidades personales, familiares y laborales, por sexo. N=48.

Cuando se consulta cuál es el principal obstáculo para la carrera académica/laboral, tanto hombres (41%) como mujeres (48%) indican en primer lugar la opción "Conciliación de la vida académica, familiar y personal". La Fig. 4 muestra que el 43% de las mujeres indicaron en segundo lugar el "Poco reconocimiento por parte de mis pares", mientras que los participantes masculinos seleccionaron en segundo lugar "Recursos económicos" (33%). Esta diferencia es relevante: los recursos económicos constituyen un obstáculo de naturaleza estructural que puede abordarse mediante incentivos y fondos concursables, mientras que el bajo reconocimiento por parte de pares que reportan las mujeres remite a un problema sociocultural y relacional, vinculado al clima laboral, la autoconfianza y la colaboración entre pares, cuyo abordaje requiere estrategias distintas, como el fortalecimiento de redes de apoyo y mentoría entre académicas [20].

El campo "Otro" fue respondido por 9 participantes, y los motivos incluyen (en paréntesis la frecuencia y sexo): Demanda de dedicación de actividades de administración y docencia (3 M); Burocracia o limitaciones propias de la Universidad (3 M); Necesidad de comprometer horas extra o tiempo familiar (1M, 1F); Tipo de contrato (1 M); Motivos personales (1 M); Machismo y envidia (1 F).

El 26% de los participantes masculinos y el 14% de las participantes femeninas manifiestan no haber tenido obstáculos en su carrea académica/laboral. En este grupo, todas las respuestas corresponden a personas mayores de 44 años, con promedio 58 años. Existe entonces una brecha de 12 puntos porcentuales entre hombres y mujeres en la percepción

de no haber enfrentado obstáculos en la trayectoria académica o laboral, lo que refuerza la evidencia de una experiencia diferenciada por género a lo largo de la carrera.

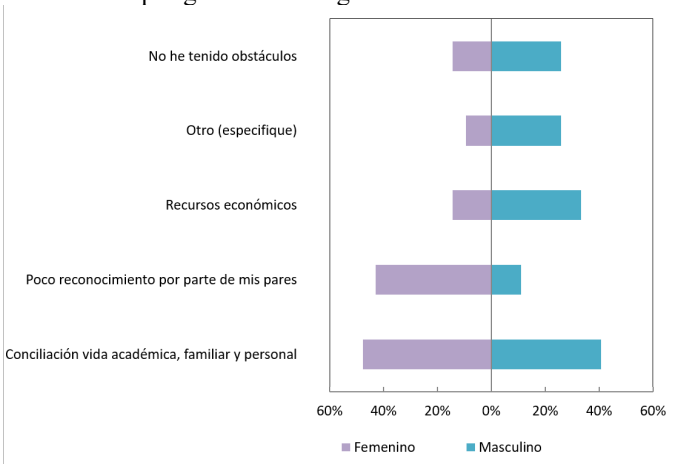


Fig. 4 Principal obstáculo para la carrera académica/laboral, por sexo. N=48.

3. Carga laboral y reconocimiento

El instrumento incluye un ítem donde se solicita a las personas participantes indicar la cantidad de horas reales que dedican en la semana a las siguientes funciones: Docencia (directa + indirecta); Investigación, desarrollo, innovación; Gestión académica (Ej: Comités, coordinaciones, jefaturas, actividades de VCM); Tareas administrativas varias (coordinación de certificación de carrera, comité de innovación curricular, u otro comité). La Tabla IV resume las horas reportadas en promedio, para cada función, por sexo. Se destaca que los hombres reportan la mayor carga horaria de gestión, lo que se condice con la mayor tasa de participación masculina en cargos de autoridad, y su alta valoración por estas funciones. En cambio, las mujeres declaran mayor carga de dedicación a la docencia. También, de forma agregada y considerando los promedios, los hombres reportan más horas de dedicación semanales que las mujeres. De 44 respuestas recibidas en este ítem, 2% (N=1) declara no hacer docencia; 18% (N=8) declara no hacer investigación; 7% (N=3) declara no hacer gestión académica; y 14% (N=6) declara no hacer tareas administrativas.

TABLA IV
PROMEDIO DE HORAS SEMANALES DEDICADAS A DIFERENTES FUNCIONES, POR SEXO

Sexo	Docencia	Investigación	Gestión	Admin
Masculino	15	8.6	16	8.3
Femenino	18.5	12.5	8.6	5.1

4. Clima laboral

La Fig. 5 detalla la distribución de frecuencia con la que las y los académicos de la FACING ha experimentado situaciones de clima laboral, así como con qué frecuencia son escuchados y/o considerados en la toma de decisiones. El 73% de los participantes masculinos manifiesta que "Nunca" o "Casi Nunca" experimentó *"Ser interrumpida/o en reunión, no ser escuchada/o, o que sus ideas hayan sido acreditadas a otras personas"*. Esto es así para el 22% de las participantes femeninas, mientras que el 56% de las mujeres indica que lo experimentó "Ocasionalmente" y el 17% "Casi Siempre". En el caso de la situación *"Estar asociada/o a adjetivos de tipo "agresiva/o" / "histérica/o" u otro."*, el 92% de los hombres y el 67% de las mujeres indican que no le experimentó "Nunca" o "Casi Nunca", habiendo un 28% de mujeres que lo experimentó "Ocasionalmente". En el caso de la situación "*NO poder participar de las decisiones académicas por razones de horarios"* el 88% de las respuestas de participantes masculinos son "Nunca" o "Casi nunca" mientras que esto es así para el 50% de las participantes femeninas, a quienes les sucedió "Ocasionalmente" en el 33% de los casos. En conjunto, estos resultados muestran que las mujeres reportan con mayor frecuencia situaciones asociadas a interrupciones y falta de reconocimiento de sus intervenciones en instancias de discusión, un patrón que la literatura sobre dinámicas de género en reuniones profesionales y académicas ha documentado de forma consistente [23], [24]. Asimismo, la proporción de mujeres que declara no poder participar en las decisiones académicas por razones de horario (33%) es notoriamente mayor que la de hombres (88% responde "Nunca" o "Casi nunca"), lo que sugiere una relación entre las restricciones de tiempo derivadas de la conciliación y la exclusión de instancias de toma de decisiones.

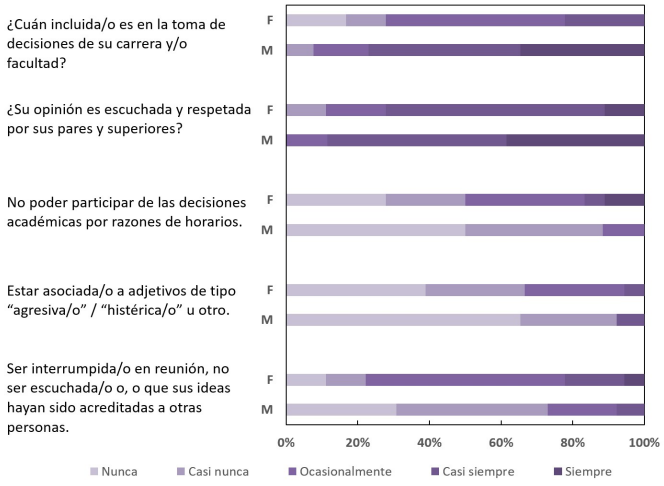


Fig. 5 Distribución de frecuencia con la que se experimentan situaciones de clima laboral, por sexo. N=44.

El 88% de los académicos masculinos consideran que *"Su opinión es escuchada y respetada por sus pares y superiores"* "Casi Siempre" o "Siempre". Esto es así para el 72% de las académicas mujeres, ya que el 28% restante que esto sucede "Ocasionalmente" o "Casi nunca". Respecto a cuánto se les incluye en la toma de decisiones de su carrera y/o facultad, un 38% de los hombres indican que "Siempre" pero no hay mujeres que digan lo mismo. Un 22% indica que esto sucede "Casi Siempre", el 50% "Ocasionalmente", y un 17% indica

que “Nunca”. No hay hombres que respondan que “Nunca” se les incluye en la toma de decisiones. Estas respuestas tienen sentido considerando los resultados anteriores. Teniendo los hombres mayor participación en los cargos de Gestión, son escuchados por sus pares y superiores, y tienen mayor incidencia en las tomas de decisiones que sus colegas femeninas.

En cuanto a la relación entre clima laboral y aspectos de género, la Fig. 6 presenta el grado de acuerdo con las afirmaciones propuestas. El 92% de los participantes masculinos y el 83% de las participantes femeninas indican que están “De acuerdo” o “Totalmente de acuerdo” que *“Cuando mis colegas y superiores retroalimentan mi trabajo lo hacen de manera respetuosa”.* El 73% de los hombres indica “Totalmente de acuerdo” que “Mi género no afecta en la colaboración que recibo de mis colegas o superiores”. Sin embargo, en el caso de las mujeres la respuesta se distribuye equitativamente a lo largo de toda la escala de 5 puntos. El 42% de los participantes masculinos está “De acuerdo” con la afirmación “Tengo las mismas oportunidades que mis colegas de diferente género” mientras que el 44% de las mujeres está “En desacuerdo” con esta afirmación. Respecto a la afirmación “Mis colegas de otro género se acercan a mí en relación con preguntas de mi especialidad”, el 42% de las respuestas masculinas y el 33% de las respuestas femeninas están “Totalmente de acuerdo”, sin embargo, un 17% de las mujeres y 4% de los hombres indican estar “Totalmente en desacuerdo” con esta afirmación.

Ante la pregunta *“¿Ha tenido un conflicto con otro/a colega que, en su comprensión, está relacionado con una dimensión de género?”* el 100% de los participantes masculinos responde que NO. De las participantes femeninas, el 44% indica que NO, el 44% indica que sí, y un 11% restante no responde. Esta pregunta incluye una opción de respuesta abierta para comentar. Hay una respuesta masculina que indica que tuvo conflicto con colega por otros motivos. Y otras 7 respuestas femeninas (39% de la muestra femenina) que comentan sobre tratos agresivos o despectivos, discriminación intelectual, comentarios inapropiados, sobre exigencias, y conflictos independientes del género.

Resulta especialmente relevante que, mientras la totalidad de los participantes masculinos declara no haber tenido conflictos asociados a una dimensión de género, un 44% de las participantes femeninas sí los reporta, evidenciando que este tipo de situaciones, incluyendo tratos despectivos, discriminación intelectual y comentarios inapropiados, constituye una experiencia prácticamente exclusiva de las mujeres del estamento académico, lo que subraya la relevancia de fortalecer protocolos de prevención y abordaje de la discriminación de género en la Facultad.

En esta sección se evidencian diferencias de percepción entre académicos y académicas de la FACING respecto al clima laboral y su dimensión de género, indicando que pueden existir brechas de género que pueden ser poco evidentes, o no manifestarse explícitamente, pero que atraviesan la labor académica e inciden en la experiencia laboral y profesional de las mujeres del estamento. Esto es consistente con resultados de Chile, donde climas organizacionales hostiles son parte de las dificultades que encuentran las mujeres para su progresión en carreras STEM [22].

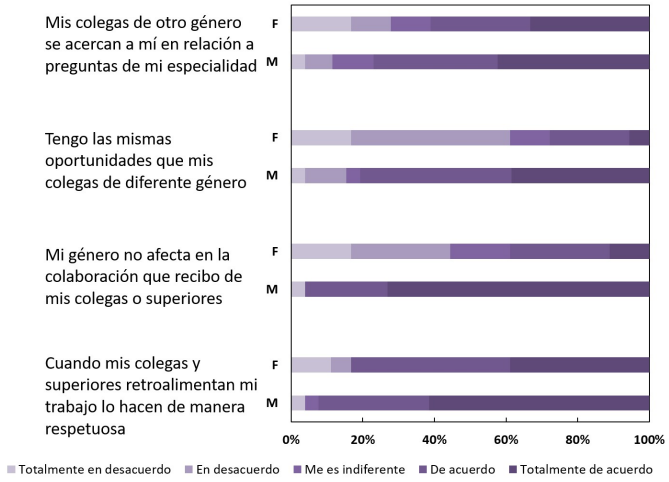


Fig. 6 Grado de acuerdo con afirmaciones sobre clima laboral y aspectos de género, por sexo. N=44.

5. Dedicación en Investigación, Desarrollo e Innovación

Respecto a la Dedicación en Investigación, Desarrollo e Innovación, la Fig. 7 resume las razones principales por las que los académicos y académicas declaran no tener dedicación en I+D+i, o tener menos dedicación de la que quisiera. La mayoría de las respuestas indica que Sí tiene dedicación I+D+i (42% de las respuestas masculinas; 53% de las respuestas femeninas). Sin embargo, hay un 42% de participantes masculinos y 24% femenino que indica *“Las tareas que me son asignadas no me dejan lo suficientemente tiempo”* como principal razón; y un 18% de las mujeres, y 8% de los hombres, elige la opción “*No tengo redes ni conocimientos básicos para realizar investigación o desarrollo”*. La opción abierta “Otro” recabó 5 respuestas que incluyen (en paréntesis la frecuencia y sexo): los grupos de investigación son cerrados (1M, 1F); no existen recursos físicos o económicos (1M, 1F), carga horaria para investigación mínima (1M), fuera de sus funciones (1M).

Este ítem se complementa con la pregunta *“¿Cuán difícil es reservar un “horario significativo” (ej: 4 h seguidas) para permitir la concentración en I+D+i+e?”* a la que el 58% de los hombres y 71%de las mujeres respondieron “Muy Difícil” o “Difícil” (Fig. 8).

Se solicitó a las personas participantes valorar posibles propuestas para mejorar su productividad en I+D+i+e. La propuesta con valoración más alta es *“Definir un mecanismo de flexibilidad horaria que permita facilitar la integración de vida personal y familiar”* indicada como “Muy importante” por el 76% de las académicas, y el 54% de los académicos de la muestra. El 24% restante de las académicas considera que esta propuesta es “Importante”. Mientras que existe un 15% de respuestas masculinas que considera la propuesta “Algo”, “Poco” o “Nada importante”.

La siguiente propuesta más valorada por los académicos hombres es *"Ser parte de en una red que permita la discusión y masa crítica en los temas a trabajar"* y en tercer lugar *"Tener implementación necesaria para trabajar (laboratorio disponible y recursos asociados)"*. Las académicas mujeres también valoran altamente estas dos propuestas, pero con el orden invertido.

Además, se incluyó un espacio de respuesta abierta para recabar propuesta adicionales. Re recibieron 10 comentarios, que incluyen (en paréntesis la frecuencia y sexo): Sistemas basados en compromisos de desempeño y transparentar contribuciones (1M); Formar grupos de trabajo (1M); Promover grupos de investigación más comunicativos y más participativos (1M, IF) e interdisciplinarios (1F); Promover un ambiente de investigación adecuado en el lugar de trabajo (1M); Disponer de apoyo económico o mecanismos de financiamiento (1M, 1F); Facilidades a nuevos académicas/os que se incorporan, para no sobrecargarles exclusivamente con docencia y gestión; Flexibilizar y/o fomentar el teletrabajo (2F); Equilibrar la carga docente y administrativa (1F); Promover la participación de las y los académicos en los programas de postgrado y en la guía de memorias de título (1F).

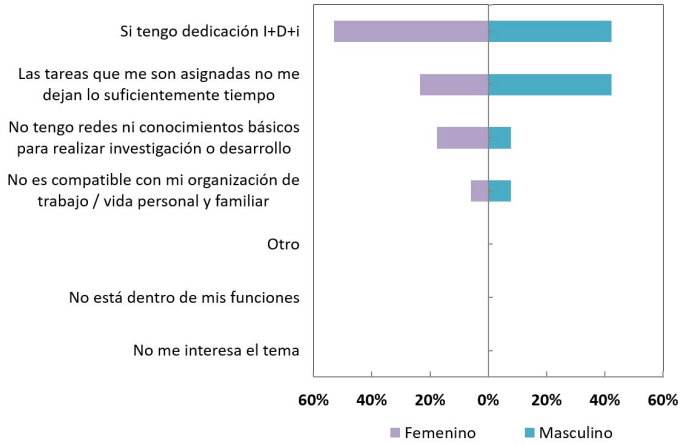


Fig. 7 Razones principales por las que no tener dedicación en I+D+i, o tener menos dedicación de la que quisiera, por sexo. N=43.

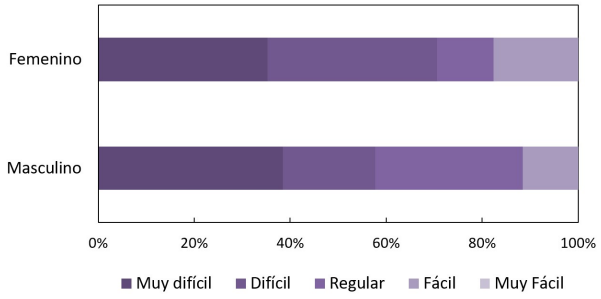


Fig. 8 Grado de dificultad para reservar un "horario significativo" para permitir la concentración en I+D+i+e, por sexo. N=43.

Se solicitó a las personas participantes valorizar la importancia de siete propuestas para aumentar la participación femenina en la Facultad de Ingeniería. La distribución de respuesta se describe en la Fig.9, disgregada por sexo. Las propuestas valoradas como "Muy importante" o "Importante" por las académicas son (entre paréntesis se indica el % de respuesta de las dos categorías respectivamente) *"Apoyo específico a las mujeres académicas, tales como: fondos dedicados a favorecer el desarrollo de líneas investigación I+D+i+e"* (71%, 24%) seguida por la propuesta *"Incorporar la perspectiva género en los procesos de jerarquización"* (65%, 35%) y *"Ampliar la visibilidad del trabajo de las académicas de la Facultad"*(53%, 41%). En el caso de los académicos, las respuestas tuvieron mayor distribución de valoración a lo largo de la escala de 5 puntos. Las propuestas más valoradas en las categorías "Muy Importante" e "Importante" son (entre paréntesis se indica el % de respuesta de las dos categorías respectivamente): *"Consideración de las responsabilidades familiares y de cuidados en el desarrollo profesional de las académicas"* (31%, 54%) seguida de *"Ampliar la visibilidad del trabajo de las académicas de la Facultad"* (38%, 31%) y en tercer lugar "*Evaluación de mecanismos de representación de ambos sexos en las instancias de toma de decisión"* (27%, 38%). Se aprecia la diferencia de opinión y perspectivas entre los sexos respecto a la valorización de propuestas para aumentar o mejorar la participación femenina en el estamento académico de la FACING. El 27% de los hombres considera que "No es importante" *"Incorporar la perspectiva género en los procesos de jerarquización",* y otro 15% indica que esta propuesta es "Poco Importante". De la misma manera, el 15% y 8% de los hombres consideran que la propuesta mejor valorada por las académicas, *"Apoyo específico a las mujeres académicas, tales como: fondos dedicados a favorecer el desarrollo de líneas investigación I+D+i+e"* "No es importante" o es "Poco Importante", respectivamente.

Las académicas que respondieron la encuesta otorgan mayor valoración a propuestas de tipo colaborativo, en particular a iniciativas de apoyo a la investigación con enfoque de cuidados, a la incorporación de la perspectiva de género en los procesos de jerarquización académica y a una mayor visibilización de su trabajo. Esto indica que las estrategias mejor evaluadas por las mujeres son aquellas que contribuyen directamente a conciliar las labores de investigación con las responsabilidades familiares y a hacer visible su aporte académico, lo que debiera orientar el diseño de la política de atracción, permanencia y promoción de mujeres en la Facultad de Ingeniería [20], [25].

Finalmente, de las 44 personas participantes que respondieron toda la encuesta, 9 (20%) incluyeron comentarios adicionales, entre los que se destacan (en paréntesis la frecuencia y sexo):

a) Que no existen problemas de género en la FACING (1M)
b) Que las propuestas relacionadas con responsabilidad familiar o tareas de cuidado debieran ser para todo el estamento académico sin diferencia de sexo (2M, 1F)

c) Que la distribución de tareas y funciones en las escuelas debiera ser equilibrada y algunas tareas y funciones reconocidas, para todo el estamento académico (1M, 2 F)
d) Que debiera haber participación femenina en los altos cargos directivos y de toma de decisiones (1 F)
e) Que se invite a la participación femenina en proyectos multidisciplinarios (1 F)

IV. CONCLUSIONES

Se presentan los principales resultados obtenidos de la aplicación de un instrumento tipo encuesta a las y los académicos de una Facultad de Ingeniería chilena. La encuesta tuvo una aceptable tasa de respuesta y permite caracterizar el estamento académico para hacer un diagnóstico de participación femenina en la FACING. El diseño del instrumento permite identificar brechas y barreras para la participación femenina en el estamento académico, así como evaluar propuestas y estrategias para fomentar una mayor productividad y fortalecer la participación femenina en la institución. Es una limitación de este estudio que la participación fue voluntaria y los resultados tienen sesgo de participación. También existe un desbalance de la relación muestra vs población masculina del estamento académicos de la FACING, que resulta subrepresentada. Trabajo futuro incluye realizar test estadístico y pruebas inferenciales, por lo que preliminarmente se deben entender los resultados como tendencias descriptivas. Los resultados de este estudio constituyen un estudio de caso que, si bien no pueden generalizarse a otras universidades o instituciones chilenas, si pueden tomarse como referencia para estudios comparativos.

Los resultados evidencian que las brechas de género en la FACING no se limitan a la proporción de mujeres en el estamento académico, sino que se expresan de manera transversal en la valoración de los cargos de autoridad, en la distribución de la carga de cuidado familiar, en la exposición a situaciones de clima laboral adversas, y en el acceso a instancias de participación y reconocimiento entre pares. Estos hallazgos son consistentes con la literatura internacional sobre liderazgo académico femenino, que documenta la sobrecarga y subvaloración sistemática del trabajo de gestión realizado por las mujeres, así como con estudios sobre dinámicas de interrupción y reconocimiento en espacios de discusión profesional. En este contexto, las propuestas mejor evaluadas por las académicas de la facultad en estudio son las vinculadas a la conciliación entre investigación y responsabilidades familiares; la incorporación de la perspectiva de género en los procesos de evaluación y jerarquización; y la visibilización de su trabajo.

En Agosto de 2026 se aprobó la política de atracción, permanencia y promoción de liderazgo femenino de la FACING, que establece en su objetivo *"4.3 Promoción y desarrollo: Propiciar el avance en la carrera académica, promoviendo el liderazgo de las académicas en I+D+i+e, docencia, gestión y vinculación con el medio."*. Se propone la conformación de una mesa de trabajo mixta, con representantes de todos los estamentos y escuelas de la facultad, para la elaboración de un plan de implementación de la política. Los resultados de este estudio son insumo fundamental y constituyen una hoja de ruta concreta para este fin. Acciones de apoyo a la investigación, como establecer fondos de financiamiento específicos para académicas; y acciones de sensibilización y visibilización, como encuentros y conversatorios, son propuestas que tienen alta valoración y ya se están implementando en la FACING. Otras propuestas, como incorporar perspectiva de género en los procesos de jerarquización o considerar aspectos de cuidado en el desarrollo de la actividad académica, requieren la revisión de normativas institucionales y por lo tanto son medidas de mayor alcance. Se sugiere que el proceso de implementación de la política asegure mecanismos de seguimiento y evaluación de las propuestas, para poder determinar su real impacto en la participación femenina en la FACING.



Fig. 9 Valoración de propuestas para aumentar la participación femenina en la Facultad de Ingeniería, por sexo. N=43.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras y los autores agradecen a la decanatura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad y el Proyecto ANID ING222010001 por el financiamiento y apoyo en la realización de esta investigación. A la Dirección de Igualdad y Diversidad de la Universidad por el apoyo en la confección de los instrumentos de diagnóstico. A las y los académicos de la FACING que apoyaron este proyecto completando la encuesta y que participan activamente de las actividades del proyecto.

REFERENCIAS

[1] UNESCO, "La cifra récord de estudiantes de enseñanza superior pone de manifiesto la necesidad a escala mundial de reconocer las cualificaciones" 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.unesco.org/es/articles/la-cifra-record-de-estudiantes-de-ensenanza-superior-pone-de-manifiesto-la-necesidad-escala-mundial

[2] D. Suárez y F. Fiorentin, "Brechas de género en el PICT: una mirada sobre el efecto Matilda," Informe Técnico N° 14, CIECTI, Buenos Aires, 2021.

[3] C. Araneda-Guirriman, L. Pedraja Rejas y G. Sepúlveda-Páez, "Brechas de género en la productividad científica: una aproximación desde Chile," Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educacional Latinoamericana, vol. 60, n.º 1, pp. 1-14, 2023.

[4] B. Hirsch Gómez, "Participación femenina en gestión directiva universitaria en Chile," Gobierno y Administración Pública, n.º 2, pp. 62-77, 2021.

[5] SIES, "Informe de matrícula 2023," Ministerio de Educación, 2023. [En línea]. Disponible en: https://educacionsuperior.mineduc.cl/2023/07/11/informe-de-matricula-2023-la-matricula-en-educacion-superior-crecio-3-en-2023-y-suma-casi-140-mil-estudiantes-de-pueblos-originarios/

[6] Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (2025). Cuarta Radiografía de género en ciencia, tecnología, conocimiento e innovación [estudios y publicaciones]. Disponible en: https://www.minciencia.gob.cl/uploads/filer_public/b0/c8/b0c8641b-6df9-4556-bbb5-5b3691b0bfbf/4taradiografia_oficial_2025.pdf

[7] P. Bordón, C. Canals, y A. Mizala, "The Gender Gap in College Major Choice in Chile," *Economics of Education Review*, vol. 77, p. 102011, 2020.

[8] UNESCO, "Diagnóstico sobre indicadores y políticas con perspectiva de género desarrolladas por el Estado de Chile en áreas STEM," Proyecto SAGA UNESCO en Chile, 2017.

[9] UNESCO, "Descifrar el código: la educación de las niñas y las mujeres en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)," París, Francia: UNESCO, 2019. [En línea]. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366649

[10] D. J. Gallant, "Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education," Ohio State University, 2010.

[11] J. Aguirre, J. Matta, y A. M. Montoya, "Joining the Men's Club: The Returns to Pursuing High-earnings Male-dominated Fields for Women," en *Closing Gender Gaps in the Southern Cone: An Untapped Potential for Growth*, V. Frisancho y V. Queijo Von Heideken, Eds. Washington, DC, EE. UU.: Inter-American Development Bank, 2022, pp. 56-87.

[12] C. Ammerman y B. Groysberg, *Glass Half-broken: Shattering the Barriers that Still Hold Women Back at Work*. Boston, MA, EE. UU.: Harvard Business Press, 2021.

[13] M. Bustelo, A. Suaya, y E. Vezza, "Hacia una nueva realidad laboral para las mujeres: soluciones para recuperar el empleo femenino en ALC," Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC, EE. UU., Nota técnica IDB-TN-02235, 2021.

[14] H. Kleven, C. Landais, y J. E. Søgaard, "Children and Gender Inequality: Evidence from Denmark," American Economic Journal: Applied Economics, vol. 11, nº 4, pp. 181-209, 2019.

[15] E. National Academies of Sciences and Medicine, "Promising practices for addressing the underrepresentation of women in science, engineering, and medicine: Opening doors," 2020.

[16] IET, "The Young Woman Engineer of the Year Awards," The Institution of Engineering and Technology, 2024. [En línea]. Disponible en: https://youngwomenengineer.theiet.org/

[17] MINEDUC, "Resultados de postulaciones a la educación superior: número de mujeres seleccionadas en carreras de ciencia y tecnología (STEM) aumentó en 16,8% respecto de 2023," 2024. [En línea]. Disponible en: https://educacionsuperior.mineduc.cl/2024/01/16/resultados-de-postulaciones-a-la-educacion-superior-numero-de-mujeres-seleccionadas-en-carreras-de-ciencia-y-tecnologia-stem-aumento-en-168-respecto-de-2023/

[18] ONU Mujeres, "Las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas en América Latina y El Caribe (2020)," 2024. [En línea]. Disponible en: https://lac.unwomen.org/es/digiteca/publicaciones/2020/09/mujeres-en-ciencia-tecnologia-ingenieria-y-matematicas-en-america-latina-y-el-caribe

[19] Surveymonkey, sitio web: https://www.surveymonkey.com/

[20] N. Sil and U. Lenka, "Transitioning from subjectivity to objectivity: empowering women in academic leadership," IIM Ranchi Journal of Management Studies, vol. 4, no. 2, pp. 127–150, Feb. 2025, doi: 10.1108/irjms-09-2024-0117.

[21] A. A. Sharif, A. Lee, A. S. Alshdiefat, M. Q. Rana, and N.-A. Abu Ghunmi, "Sustainable Gender Equality: A Comparative Perspective on STEM Education and Employment in Jordan," Sustainability, vol. 16, no. 6, p. 2273, Mar. 2024, doi: 10.3390/su16062273.

[22] A. Canales, M. I. Cortez, M. Sáez, y A. Vera, Brechas de género en carreras STEM. Centro de Políticas Públicas UC, 2022, pp. 115-150.

[23] A. Maitra et al., "Assessment of Interruptive Behavior at Residency Teaching Conferences by Gender," JAMA Network Open, vol. 4, no. 1, p. e2033469, Jan. 2021, doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.33469.

[24] B. C. Cannon, D. T. Robinson, and L. Smith-Lovin, "How Do We 'Do Gender?' Permeation as Over-Talking and Talking Over," Socius: Sociological Research for a Dynamic World, vol. 5, Jan. 2019, doi: 10.1177/2378023119849347.

[25] L. M. Thien et al., "Women leadership in higher education: exploring enablers and challenges from middle-level academics' perspective," Humanities and Social Sciences Communications, vol. 12, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.1057/s41599-024-04278-6.