



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE ECONOMÍA

**SOBRE LA CONDICIÓN DE LA MUJER
CONTEMPORÁNEA, EL SESGO DE SEXO Y LA
HOMOFILIA EN LAS JERARQUÍAS PROFESIONALES**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MAESTRO EN ECONOMÍA MATEMÁTICA

PRESENTA:

LESLIE YOSSIA VALADEZ LORENA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JORGE ZAZUETA GUTIERREZ

SINODAL:

DR. LEOBARDO PEDRO PLATA PEREZ

SINODAL:

DR. PEDRO ISIDORO GONZÁLEZ RAMÍREZ





"Sobre la condición de la mujer contemporánea, el sesgo de sexo y la homofilia en las jerarquías profesionales" © 2025 by **Leslie Yossia Valadez Lorena** is licensed under [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Agradecimientos

Al Dr. Jorge Zazueta Gutiérrez por creer en mis ideas, por su tiempo y disponibilidad, por guiarme en todo el trayecto, pero, sobre todo, por impulsarme a llegar más lejos.

Al Dr. Pedro Isidoro González Ramírez por sembrar la curiosidad en mí, por apoyarme, y no menos importante, por sus observaciones y comentarios.

Al Dr. Leobardo Pedro Plata Pérez por su tiempo y apoyo con comentarios y observaciones.

¡Gracias totales!

Dedicatoria

A mi madre, por ser el eje articulador de mi trayectoria académica, pero sobre todo, por confiar en mí, incluso en los momentos en que yo misma dudaba.

A mi padre, por enseñarme a ser fuerte, a su manera.

A mis hermanos, por acompañarme con su apoyo y cariño, a pesar de la distancia.

A Alejandro, por su escucha atenta y por formar parte de mi red de apoyo durante este proceso.

A Cuauhtémoc, por todo el amor, sus abrazos, las risas compartidas y el anclaje emocional; pero, sobre todo, por elegir acompañarme día con día.

Resumen

El presente trabajo aborda la participación femenina en espacios profesionales y académicos con un enfoque interdisciplinario: recurre al análisis socioeconómico, implementando herramientas matemáticas y de programación (numéricas), particularmente el uso de sistemas dinámicos y del lenguaje de programación Python. Con base en la revisión teórica de las condiciones estructurales y culturales que moldean la trayectoria laboral de las mujeres, se propone extender el modelo matemático de Clifton et al. (2019), incorporando una nueva variable c , denominada “condición”. Esta variable permite capturar el efecto de factores internos y externos que influyen en la autoexclusión femenina en contextos competitivos.

A través de simulaciones que se alimentan de datos reales en áreas como Enfermería, Ingeniería, Física y Matemáticas, entre otras, se analizan escenarios que se crean a partir de diferentes combinaciones de los parámetros: sesgo, homofilia y condición. Los resultados muestran que, incluso en ausencia de sesgo explícito o con políticas de promoción favorables, la condición actúa de forma que limita la movilidad ascendente de las mujeres. Asimismo, se destaca que los efectos de las políticas públicas no son inmediatos, por lo que su evaluación debe orientarse a corto y a largo plazo. Finalmente, se hace énfasis en la utilidad del enfoque dinámico propuesto para el diseño de intervenciones sensibles al contexto y más efectivas en la reducción de brechas de sexo.

Palabras clave: sistemas dinámicos, jerarquías profesionales, sesgo, homofilia, condición, autoexclusión, brecha de sexo.

Índice general

Agradecimientos	I
Resumen	III
Introducción	X
0.1 Motivación y justificación	XII
0.2 Alcances y objetivos	XIII
1 Marco teórico	1
1.1 Sobre la condición de la mujer	1
2 Ecuaciones diferenciales y sistemas dinámicos	8
2.1 Modelo matemático del sesgo de género y la homofilia en las jerarquías profesionales	18
3 Propuesta	26
3.0.1 Extensión del modelo	27
3.0.2 Variaciones del modelo extendido.	30
4 Resultados y análisis	39
4.1 Validando el modelo.	40
4.1.1 Simulación.	47
4.2 Modelo nulo condicionado.	53
4.3 Condicionado y sesgado.	55
4.4 Condicionado y homofílico.	60
4.5 Condicionado, sesgado y homofílico.	68

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	v
A Código en Python	71
A.0.1 Modelo teórico con parámetro c , seis niveles.	71
A.0.2 Código para diagrama de fase 3D	74
A.0.3 Código para ajuste de parámetros.	77
B Ajustes y errores.	84
B.1 Parámetros ajustados N_i y R_i con Python.	84
B.2 Réplica de parámetros ajustados N_i y R_i con Matlab.	85
C Figuras.	87
Conclusiones	88
Bibliografía	89

Índice de figuras

2.1	Diagrama fase correspondiente al sistema de ecuaciones del ejemplo 2.0.2. Imagen propia.	17
2.2	Ejemplo de proceso de decisión entre dos niveles ($L=2$) de una jerarquía profesional. Imagen adaptada del artículo base.	19
2.3	Evolución de la fracción de mujeres en niveles académicos a lo largo de 150 años, bajo la ausencia de homofilia, sesgo y condición. Imagen propia.	22
2.4	Diagrama fase y campo vectorial para Licenciatura y Grado. Imagen propia.	22
2.5	Diagrama fase en 3D y campo vectorial para Licenciatura, Grado y Postdoc. Imagen propia.	22
2.6	Evolución de la fracción de mujeres en niveles académicos a lo largo de 150 años, bajo la ausencia de homofilia y condición. Imagen propia.	23
2.7	Diagrama de fase para Licenciatura y Grado, bajo la ausencia de homofilia, con $b = 0.35$. Imagen propia.	24
2.8	Diagrama de fase para Licenciatura, Grado, y Postdoc, bajo la ausencia de homofilia, con $b = 0.35$. Imagen propia.	24
2.9	Evolución de la fracción de mujeres en niveles académicos a lo largo de 150 años, bajo la ausencia de sesgo. Imagen Propia.	25
2.10	Evolución de la fracción de mujeres en tres niveles, Lic, Grado y Postdoc, sin sesgo, con $\lambda = 3$. Imagen propia.	25
2.11	Diagrama de fase para Licenciatura, Grado, y Postdoc, sin sesgo, con $\lambda = 3$. Imagen propia.	25
3.1	Gráfica del comportamiento de $P(u,v,c)$, considerando $\lambda(u - v) = 0$. Imagen propia.	28

4.1	Serie de tiempo de la participación femenina en Ingeniería, datos de 1972 a 2008. Imagen propia.	44
4.2	Serie de tiempo de la participación femenina en Enfermería, datos de 1984 a 2016. Imagen propia.	45
4.3	Serie de tiempo de la participación femenina en Física, datos de 1997 hasta 2009. Imagen propia.	46
4.4	Gráfica de datos y simulación correspondiente a la fracción de mujeres en Enfermería. Imagen propia.	48
4.5	Gráfica de datos y simulación correspondiente a la fracción de mujeres en Ingeniería. Imagen propia.	49
4.6	Gráfica de datos y simulación correspondiente a la fracción de mujeres en Física. Imagen propia.	50
4.7	Gráfica de datos y simulación correspondiente a la fracción de mujeres en Psicología. Imagen propia.	51
4.8	Gráfica de datos y simulación correspondiente a la fracción de mujeres en Biología. Imagen propia.	52
4.9	Evolución de la fracción de mujeres a lo largo de 200 años en tres niveles, para el modelo nulo condicionado. Imagen propia.	54
4.10	Diagrama fase de un sistema de tres niveles, para el modelo nulo condicionado. Imagen propia.	54
4.11	Evolución de fracción de mujeres a través del tiempo para dos niveles bajo la influencia de sesgo $b = 0.35$. Imagen propia.	56
4.12	Diagrama fase correspondiente al sistema de dos niveles bajo la influencia de sesgo $b=0.35$. Image propia.	56
4.13	Evolución de fracción de mujeres a través del tiempo para tres niveles bajo la influencia de sesgo $b = 0.35$. Imagen propia.	57
4.14	Diagrama fase correspondiente al sistema de tres niveles bajo la influencia de sesgo $b=0.35$. Image propia.	57
4.15	Evolución de fracción de mujeres en un sistema de dos niveles a través del tiempo cuando b tiende a 0. Imagen propia.	59

4.16 Diagrama fase correspondiente al sistema de dos niveles bajo un sesgo b que tiende a 0. Imagen propia.	59
4.17 Modelo de la evolución de fracción de mujeres en el tiempo para seis niveles, con $\lambda = 2$ y $c = -5$. Imagen propia.	61
4.18 Modelo de la evolución de fracción de mujeres en el tiempo para seis niveles, con $\lambda = 2$ y $c = 5$. Imagen propia.	61
4.19 Diagrama de fase de un sistema de dos niveles, con $\lambda = 2$ y $c = -5$. Imagen propia.	61
4.20 Diagrama de fase de un sistema de tres niveles, $\lambda = 2$ y $c = 5$. Imagen propia.	61
4.21 Diagrama fase para Lic y Grado con $\lambda = 2.5$ y $c = 1.5$, en ausencia de sesgo. Imagen propia.	62
4.22 Diagrama fase para Lic y Grado con $\lambda = 2.5$ y $c = 2.5$, en ausencia de sesgo. Imagen propia.	62
4.23 Diagrama fase para Lic y Grado con $\lambda = 2.5$ y $c = 8$, en ausencia de sesgo. Imagen propia.	63
4.24 Diagrama fase para Lic y Grado con $\lambda = 4.5$ y $c = 1.5$, en ausencia de sesgo. Imagen propia.	64
4.25 Representación de los puntos críticos en base a la coordenada x y en función de c , con $\lambda = 4.5$. Imagen propia.	65
4.26 Evolución de la fracción de mujeres en tres niveles, con $b \approx 0.42, \lambda \approx 3.2$, y $c \approx 2.08$. Imagen propia.	68
4.27 Evolución de la fracción de mujeres en tres niveles, con $b \approx 0.5, \lambda \approx 3.2$, y $c \approx 2.08$. Imagen propia.	68
4.28 Evolución de la fracción de mujeres en el tiempo, con $b \approx 0.42, \lambda \approx 3.2$, y $c = 8$. Imagen propia.	69
4.29 Evolución de la fracción de mujeres en el tiempo, con $b \approx 0.42, \lambda \approx 3.2$, y $c = 6$. Imagen propia.	69
4.30 Evolución de la fracción de mujeres en el tiempo, con $b \approx 0.42, \lambda \approx 3.2$, y $c = -5$. Imagen propia.	70

4.31 Evolución de la fracción de mujeres en el tiempo, con $b \approx 0.42, \lambda = 2$, y $c = 3$. Imagen propia.	70
C.1 Representación de los puntos críticos en base a la coordenada y en función de c , con $\lambda = 4.5$. Imagen propia.	87

Índice de tablas

2.1 Variables y parámetros para el sistema de ecuaciones.	19
4.1 Tabla de error cuadrático medio obtenido con el código creado por nosotros (Python) y el de Clifton et al. (Matlab)	41
4.2 Ajuste de parámetros realizado con nuestro código	42
4.3 Clasificación de puntos críticos según sus eigenvalores	64
4.4 Clasificación de puntos críticos según eigenvalores para distintos valores de c , con $\lambda = 4.5, b = 0.5$	66
B.1 Parámetros N_1 a N_6 réplica de Clifton et al.	85
B.2 Parámetros R_1 a R_6 réplica de Clifton et al.	86
B.3 Ajuste realizado con el código de Clifton et al.	86

Introducción

Entendiendo las ciencias económicas como el estudio del conjunto de actividades vinculadas a la producción y consumo de bienes y servicios, así como su distribución entre los miembros de la sociedad, tiene cabida el interés por estudiar la participación laboral de las mujeres, destacando las situaciones que permiten su inserción en el mercado laboral y académico, así como aquellas que la orillan a la deserción de este, pues dichos eventos forman parte fundamental del desarrollo económico. En palabras de Daniela Martínez “un mercado laboral que no funciona correctamente es aquel que restringe la participación de un sector significativo de la población, como sucede con las mujeres” [15].

Siguiendo esa línea de pensamiento, el feminismo es un movimiento que plantea y busca alcanzar la libertad de la mujer, es, de forma concreta “el conjunto de colectivos cuyos objetivos principales son determinar y defender los derechos de la mujer en cuanto a igualdad política, económica y social” (Lerner, 1993, citado en [20]). De acuerdo con esto, resulta de gran interés una visión feminista al investigar problemas económicos, en particular al abordar temas como la brecha salarial y el llamado *tubería con fugas* que hace referencia a la disminución gradual de la participación femenina a lo largo de las distintas etapas de las carreras en CTIM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) [32], así como el decrecimiento de la incorporación en puestos de liderazgo en empresas [16].

Dichos tópicos se encuentran íntimamente relacionados con las experiencias de vida de las mujeres, así como su contexto histórico; es decir, las decisiones que ejercen en cuanto a participación del mercado laboral se refiere, están plasmadas de preferencias personales que a su vez, terminan por definirse por la condición de la mujer en la sociedad, por el rol que juega en ésta. Un ejemplo es el siguiente: al día de hoy, participan hombres y mujeres en el proceso de reproducción humana, sin embargo, diversos estudios (entre ellos se pueden

ubicar los de Goldin) apuntan a que el rol de las mujeres como madres afecta en mayor grado el desarrollo de una carrera laboral, en contraposición con el impacto que tiene la paternidad en el de los hombres. Según señala Carrasco, dentro de la teoría feminista se ha ofrecido una respuesta a la división sexual del trabajo de cuidados como el que se acaba de comentar:

El papel de la mujer en la reproducción, su capacidad natural de parir, es el hecho fundamental a analizar para comprender las raíces de su subordinación, su forma de participación en la producción y su responsabilidad en todo el proceso de reproducción de la fuerza de trabajo [6].

Así, cuando se especulan generalizaciones sobre el rol de mujer, a menudo se cae en aseveraciones como que, la elección de efectuar la maternidad, las bajas tasas de mujeres en áreas CTIM [36] se deben a un gusto puramente individual y personal que se manifiesta en una decisión consensuada de la mujer, lo que de forma atinada (bajo estos supuestos) llevaría a preguntar: ¿Por qué habría de preocupar que una mujer decida, en completo uso de sus facultades, no estudiar Matemáticas, Ingeniería o Física, o por el contrario, que elija libremente estudiar Enfermería, Letras o Periodismo? o el hecho de que decida no postularse a un puesto superior a sabiendas de que este ofrece un sueldo más alto, así como la maravillosa oportunidad de ampliar currículum y demostrar sus capacidades de liderazgo.

A esta altura del documento se invita al lector a no dejarse llevar por palabras como *subjetividad*, se le anima entonces a avanzar hasta el terreno objetivo, entendiendo que ambas cuestiones intervienen en la construcción de la tesis. En otras palabras, lo que se pretende al hablar de la condición de la mujer es hablar de las limitaciones materiales y culturales que se manifiestan en su “propia” decisión de ingresar o no a un grado académico o laboral superior. Así pues, el objeto de estudio radica en identificar el impacto de esa condición en distintas áreas.

Son estos, pues, los lentes con los que se pretende analizar la situación de la mujer en el aspecto laboral, planteadas con anterioridad. A la par, interesa modelar la situación de forma matemática, en particular dentro del área de sistemas dinámicos. Entendiendo un

sistema dinámico como “aquél cuyo comportamiento cambia en el tiempo y al que se le puede aplicar un estímulo o entrada y observar una respuesta” [27]. El enfoque de sistemas dinámicos proporciona información del problema de estudio en relación con la evolución temporal, permite analizar distintos escenarios de acuerdo a las condiciones planteadas, así como destacar aquellas condiciones que lleven a un comportamiento estable o inestable a través de la identificación de puntos de equilibrio y/o bifurcaciones. Es así como resulta una excelente herramienta en el análisis de problemas socioeconómicos, pues amplía el panorama para el diseño de políticas que modifiquen el comportamiento en base a los fines pretendidos.

Con fundamento en lo anterior, y tomando el modelo matemático del artículo que lleva por nombre “Mathematical model of gender bias and homophily in professional hierarchies” [10] (Modelo matemático del sesgo de género y la homofilia en las jerarquías profesionales), se propone extender este modelo, agregando una nueva variable identificada como c (atribuyendo a la palabra *Condición*) que identifique aquellas cuestiones intrínsecas de las mujeres que intervienen en la decisión de buscar ascender en la jerarquía laboral, con el fin de aproximar una cuantificación que auxilie en el esclarecimiento de escenarios propicios a la paridad laboral.

0.1. Motivación y justificación

¿Existe hoy en día una condición de la mujer en términos del párrafo anterior? ¿Qué vendría a ser, dado que la respuesta a la primera pregunta fuese un *sí*? ¿Cómo influye esta en la inserción laboral de la mujer y, en consecuencia, cómo afecta a la economía y la movilidad del sexo femenino? Si bien las primeras cuestiones pudieran parecer a primera vista anticuadas, oxidadas o incluso irrelevantes para una modernidad donde el sufragio existe para ambos sexos y aún más, se efectúa en elecciones presidenciales del sexo femenino, sí que tienen cabida en debates actuales feministas, sobre todo cuando los objetantes poseen posturas de corte conservador; o en aspectos como la brecha existente entre la formulación, implementación y el éxito de políticas públicas que ayuden a la inserción y permanencia laboral de la mujer. Es así que este es el cultivo de la presente

investigación, el esclarecer e intentar cuantificar el impacto de aspectos que condicionan a la mujer en las diferentes áreas laborales.

0.2. Alcances y objetivos

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la forma en que la homofilia, el sesgo de sexo ¹ y la condición estructural y social de las mujeres afectan su trayectoria profesional y académica. Para ello retomamos el artículo “Mathematical model of gender bias and homophily in professional hierarchies” que hace uso de un sistema dinámico de ecuaciones diferenciales para representar la inserción, permanencia y ascenso en las estructuras jerárquicas de las mujeres, con la intención de extenderlo a través de la incorporación de una nueva variable c , que capture información, con el fin de detectar patrones estructurales de auto-exclusión o estancamiento profesional; asimismo, se plantea validar el modelo teórico mediante simulaciones numéricas, desarrolladas en el lenguaje de programación Python.

Emplearemos el término “condición de la mujer”, denotado por la variable c , para referirnos al conjunto de factores estructurales y materiales que condicionan la inserción, permanencia y ascenso profesional y académico de la mujer. Esta variable se encuentra íntimamente relacionada con lo que se ha denominado sesgos de segunda generación ², no debe confundirse. La variable c constituye la interseccionalidad que atraviesa a la mujer, que se manifiesta en forma de autoexclusión; en particular engloba los aspectos:

- Económicos: como lo es la penalización por maternidad, acceso desigual a recursos, así como la jornada doble de trabajo (laboral y no remunerado del hogar).
- Culturales: mandatos de feminidad.
- Sociales: expectativas de género y socialización de la mujer.

¹Hacemos esta distinción entre el sesgo de sexo y sesgo de género, puesto que trabajamos con datos agrupados por sexo. En el artículo base: *Mathematical model of gender bias and homophily in professional hierarchies*, se hace mención de “género” debido al uso coloquial en inglés, sin embargo, se especifica que los datos utilizados son sexados.

²Formas sutiles y no intencionales de discriminación que ocurren en el día a día, se suele usar en la literatura empresarial [34]

Capítulo 1

Marco teórico

1.1. Sobre la condición de la mujer

Para entender el énfasis de la búsqueda por la feminización del mercado laboral, es fundamental contextualizar los aspectos que han caracterizado la posición social de la mujer en este aspecto. El trabajo de Claudia Goldin, galardonada con el premio Nobel de Economía en 2023 [11], nos proporciona un análisis profundo e integral de la evolución del papel femenino en el mercado laboral [19]. Entre los factores clave que analiza podemos encontrar la histórica invisibilidad del trabajo femenino; un trabajo resguardado bajo la informalidad laboral que se apoyó en la clasificación de “ama de casa” en los censos oficiales. Esta falta de reconocimiento formal no solo deformó las estadísticas, sino que reflejó un sesgo estructural en torno a la definición del trabajo. El estigma social, nos cuenta Goldin, también jugó un papel relevante: durante décadas, las mujeres trabajadoras fueron objeto de juicios morales, lo cual limitó su acceso a empleos que se consideraban “inapropiados”. Encuentra además que, para la década de 1920, el incremento en los niveles educativos de las mujeres se tradujo en un mayor ingreso a empleos profesionales y administrativos, lo cual ayudó a erosionar parte del estigma. No obstante, señala Goldin, las mujeres han enfrentado un obstáculo persistente: la maternidad; aspecto que limita las oportunidades de desarrollar una carrera a largo plazo. Así, se revela que la incorporación laboral femenina no puede entenderse sin las condiciones sociales, históricas y familiares que la estructuran.

Y es que, la estructura familiar que en algún punto de la historia fue tradicional, donde

el hombre proveía el ingreso económico mientras la mujer se encargaba de administrar el hogar, así como proporcionar servicios de cuidado para los miembros familiares, no se puede entender sin lo que Daniele Kergoat ha llamado la “división socio-sexual”, definición que usa para referirse a la asignación de roles y labores que cumplen hombre y mujer en el hogar, la cual advierte es una “designación prioritaria de los hombres a la esfera productiva y de las mujeres a la esfera reproductiva” (Kergoat, 2000. citado en [30]). Mazzei afirma:

La división socio-sexual del trabajo es, por tanto, un fenómeno histórico, puesto que se transforma de acuerdo con la sociedad de la cual hace parte. Pero en la sociedad capitalista, siguiendo esa división, el trabajo doméstico todavía permanece predominantemente bajo la responsabilidad de las mujeres, estén ellas insertas en el espacio productivo o no [30].

La columna vertebral sobre la que se articula la institución familiar, también incluye un aspecto biológico. En México, la antropóloga Marta Lamas lo relaciona con una visión “público-maternal”:

(...) se puede sostener una división básica que corresponde a la división sexual del trabajo más primitiva: las mujeres tienen a los hijos y, por lo tanto, los cuidan: ergo, lo femenino es lo maternal, lo doméstico contrapuesto con lo masculino como lo público [26].

Por otro lado, Mazzei explica que las relaciones de género también se configuran y se traslapan por una lucha de poder en la esfera económica, en sus palabras:

Las relaciones sociales de género, entendidas como relaciones desiguales, jerarquizadas y contradictorias, sea por la explotación de la relación capital/trabajo, sea por la dominación masculina sobre la femenina, expresan la articulación fundamental de la producción/reproducción. (...) la mundialización del capital generó efectos complejos, además de contradictorios, afectando igualmente el empleo femenino y masculino. En relación al empleo masculino, ocurre una regresión y/o estagnación. Aunque el empleo y el trabajo remunerado femenino crecen, incluso ampliando la participación femenina en el mundo productivo,

las tareas domésticas continuaban reservadas exclusivamente a la mujer, o sea, la organización de la familia patriarcal es poco alterada, el marido se mantiene como el proveedor y la esposa como la proveedora complementaria y dueña de casa (...) [30].

La socialización de género comienza desde la infancia y actúa como una fuerza normativa de la identidad. Berger y Luckmann distinguen entre la socialización primaria (en la infancia) y la secundaria (posterior), mostrando cómo esta moldea el mundo que cada persona habita [4]. De forma análoga, la identidad de género se va construyendo mediante repertorios culturales interiorizados que delimitan lo posible y lo deseable para cada sexo (Giménez, 2007, citado en [8]).

Por su parte, Marta Lamas señala que esta identidad se establece desde el lenguaje, el cual estructura la experiencia vital del sujeto desde una perspectiva de género [26]. De esta forma, la elección por profesión o participación laboral estará determinada por el aspecto coyuntural, así como las asignaciones de roles de género, la socialización, el lenguaje, las expectativas culturales y las estructuras de poder presentes. En otras palabras, estas dimensiones influyen directamente en sus decisiones laborales, educativas y personales [2].

Así, desde pequeñas, las mujeres aprenden a responder a expectativas específicas relacionadas con el cuidado, mientras los hombres son socializados para la autonomía, la racionalidad y el poder. Estas diferencias se ven reflejadas en el ámbito académico. En este aspecto, Eccles y Jacobs muestran cómo la percepción que tienen los padres hacia sus hijos influye en el desempeño de su prole, específicamente en áreas como matemáticas, inglés y deportes, reforzando así los estereotipos [17]. En esta misma línea existen diferentes estudios que abordan el nivel universitario y profesional y exponen la brecha de sexo en áreas CTIM [36]. Por lo tanto atribuir la baja participación de mujeres en áreas CTIM a una supuesta preferencia natural excluye el análisis y minimiza el peso estructural de estas experiencias y del entorno en que se desarrollan.

Desde esta perspectiva, definimos la *condición de la mujer* como el conjunto de barreras sociales y simbólicas que limitan su inserción, permanencia y ascenso en las estructuras jerárquicas del mundo profesional y académico.

El trabajo de cuidados (remunerado o no) ha recaído desproporcionadamente sobre las

mujeres, afectando sus oportunidades de desarrollo profesional. Cristina Carrasco señala que toda sociedad se sustenta en dos subsistemas: el de producción material y el de reproducción humana. La articulación entre ambos depende en gran medida del rol asignado a las mujeres como madres, lo cual limita su relación con los medios de producción, según el marco institucional de cada sociedad [6].

Este desequilibrio ha derivado en lo que diversas autoras denominan “crisis de cuidados”, título que engloba las dificultades de congeniar la vida laboral con la vida familiar, permeando no solo a mujeres, sino a sus hogares y comunidades. Datos recientes muestran su relevancia estructural: en México, el valor económico del trabajo no remunerado en cuidados y tareas domésticas ¹ fue equivalente al 26.3 % del PIB en 2023, del cual las mujeres aportaron el 71.5 % y los hombres solo el 28.5 % [23]. De forma indirecta, estudios como el de Talamas revelan que, con la muerte de una abuela conviviente (que funge como fuente de apoyo en cuidados infantiles), la tasa de empleo de las madres mexicanas se reduce en 12 puntos porcentuales (27 %) explicando así más de la mitad de la penalización por maternidad en el país [29].

A nivel cualitativo, investigaciones como la de Alcalde-González et al (2024) registran el impacto emocional y práctico del “doble mandato” que enfrentan muchas mujeres de ser “buenas madres” y “buenas profesionales”. Las académicas entrevistadas reconocen que, sin el apoyo de familiares como las abuelas, sus proyectos laborales se verían fuertemente comprometidos [1]. Además, hacen mención de una arista que suele pasarse por alto: la relegación del cuidado personal; tema que suele decantarse cuando se habla del trabajo de cuidados, puesto que se asume que es un trabajo hacia los demás; sin embargo, el derecho al cuidado involucra cuidar, ser cuidado y autocuidarse (Pautassi, 2007, citado en [31]).

La falta de servicios públicos de cuidado, licencias parentales remuneradas y políticas laborales flexibles agrava esta situación. En México, por ejemplo, las licencias de paternidad suelen durar una semana (cuando existen), y su baja remuneración desincentiva su uso [37]. Esta distribución desigual del tiempo y las responsabilidades institucionaliza

¹Puede consultarse la Cuenta Satélite del Trabajo No Remunerado de los Hogares de México, donde se contemplan actividades como los cuidados y apoyo, limpieza y mantenimiento a la vivienda, alimentación, compras y administración del hogar, ayuda a otros hogares y trabajo voluntario, limpieza y cuidado de la ropa y calzado.

los roles de género en el hogar. Dicha disparidad se vio aún más acentuada durante la pandemia por COVID-19. Si bien los efectos económicos del confinamiento impactaron a hombres y mujeres, la carga desproporcionada del trabajo de cuidados afectó especialmente a las mujeres. Según datos de INMUJERES, al inicio de 2020, el 56.6% de las mujeres empleadas contaban con servicios escolares o de cuidados; sin embargo, tras el cierre de escuelas y guarderías, muchas de ellas perdieron ese apoyo esencial, lo que limitó gravemente su capacidad de reintegrarse al mercado laboral [24]. Este ejemplo refuerza la necesidad de considerar el sistema de cuidados como uno de los ejes principales que sostienen la economía.

A pesar de avances normativos y culturales, el conflicto entre maternidad y vida profesional persiste. La “doble jornada” que enfrentan muchas mujeres modernas (entre el empleo y el trabajo de cuidados) refleja una tensión entre los discursos de igualdad formal y las prácticas sociales cotidianas. Como señala Marcela Lagarde, las mujeres deben transitar entre dos dimensiones vitales con códigos distintos: subordinación y autonomía, afecto y productividad, maternidad y éxito profesional [33]. En este sentido, la maternidad no es solo una experiencia individual, sino una institución social que, al estar desigualmente distribuida, limita las posibilidades de muchas mujeres en el ámbito laboral y económico.

Hablar de “la condición de la mujer” no implica asumir una experiencia homogénea. Las diferencias en tono de piel, clase social, etnicidad o situación migratoria configuran trayectorias profundamente desiguales entre mujeres. Por ejemplo, estudios recientes muestran que en términos de movilidad social, las mujeres de tez media y oscura enfrentan más barreras que los hombres o que las mujeres de tez clara (Monroy-Gómez-Franco et al. (2023) citado en [5]). Esta evidencia subraya la importancia de un enfoque interseccional para analizar las desigualdades de género.

La ausencia o (cuando existe) poco alcance de sistemas de cuidados públicos impacta desproporcionadamente a los hogares de menores ingresos. Investigaciones como las de Mónica E. Orozco señalan que la falta de estos servicios afecta el ingreso disponible, el uso del tiempo, las oportunidades educativas y laborales, así como la participación política de las mujeres (Folbre, 2020; Kabeer, 2018; Orozco et al., 2016 y 2022 citado en [31]). La maternidad, cuando no está respaldada por políticas que redistribuyan las tareas de

cuidado, limita el desarrollo personal y profesional femenino.

La filósofa Nancy Fraser dice al respecto:

La actividad de reproducción social no asalariada es necesaria para la existencia del trabajo asalariado, para la acumulación de plus-valor y para el funcionamiento del capitalismo como tal. Ninguna de estas podría existir en ausencia del trabajo doméstico, la crianza de niños, la enseñanza escolar, los cuidados afectivos y toda una serie de actividades que sirven para producir nuevas generaciones de trabajadores y reponer las existentes, así como para mantener los vínculos sociales y las mentalidades compartidas [18].

Desde esta perspectiva, políticas públicas como la ampliación de servicios de cuidado infantil, la reconfiguración de licencias de paternidad y maternidad, o los incentivos fiscales para una distribución más equitativa de las tareas domésticas, no deben considerarse simples medidas de bienestar, sino estrategias fundamentales para promover una economía más inclusiva. El Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) estima que, si se incrementa la participación femenina en la economía, el PIB de México en 2035 podría ser 3.7% mayor que el proyectado para 2025 [12].

Además, estudios muestran que una mayor participación de los hombres en el trabajo doméstico se asocia con menores niveles de violencia hacia las mujeres. En esta línea, la investigación de Casique y Castro menciona que por cada punto adicional en el índice de participación en el trabajo doméstico de los hombres, disminuye 53% el riesgo de violencia emocional, 79% la física, 70% la económica y 83% la sexual [7]. Esto refuerza la idea de que una distribución equitativa de los cuidados no solo promueve la igualdad económica, sino que también se traduce en mayor autonomía para la mujer, generando relaciones justas y sanas.

Sin embargo, no todas las formas de inserción femenina al mercado laboral están exentas de crítica. Algunas corrientes del feminismo liberal tienden a glorificar la llegada de mujeres a altos cargos como signo inequívoco de progreso, sin atender las condiciones estructurales que lo permiten; como señalaría Aleksandra Kollontái sobre esta rama del feminismo “lucha por privilegios para sí mismo sin poner en entredicho las prerrogativas y los privilegios

existentes” [25]. Fraser señala:

Más que intentar abolir la jerarquía social, busca diversificarla empoderando a mujeres talentosas para que lleguen hasta la cima. (...) Consigue que las mujeres con cargos directivos puedan alcanzar sus metas (atreverse a más ²) precisamente porque ese liberalismo les permite apoyarse (apoyarse en otras ³) en mujeres migrantes mal pagadas a las que subcontratan para la prestación de los cuidados y el trabajo doméstico [3].

La condición de la mujer moderna, por tanto, no es una situación ahistórica, se configura como una mezcla de elementos tradicionales y modernos: una doble vida en la que se exige éxito profesional y cumplimiento de roles familiares. En términos institucionales, esta condición actúa como una institución informal ⁴. Es necesario visualizarla y nombrarla de esta forma, pues la creación e implementación de políticas públicas que, por un lado, ayuden a cerrar la brecha de sexo y por otro (esperando resultados más amplios) propicien el desarrollo personal de una mayor cantidad de mujeres, puede encontrar limitaciones y fracasos si se deja de lado que, como mencionan Cejudo et al.: las instituciones informales son, de acuerdo con una nueva perspectiva, las que condicionan en gran medida la capacidad de creación de instituciones formales [9].

²“Atreverse a más” traduce el concepto de *Lean in*, acuñado por Sheryl Sandberg en su libro *Lean in: Women, Work and the Will to Lead*.

³Traducción de *lean on*. Se refiere a cómo algunas mujeres logran avanzar profesionalmente al delegar tareas de cuidado y domésticas en mujeres migrantes mal remuneradas.

⁴Entendiendo a las instituciones formales como aquellas que se refieren a las normas político-legales plasmadas en la Constitución, y a las informales como aquellas que corresponden a la cultura política, los sistemas de valores o estructuras sociales [9].

Capítulo 2

Ecuaciones diferenciales y sistemas dinámicos

Definición 2.0.1. Siguiendo la definición de [28], cuando una ecuación diferencial sólo involucra una variable independiente, se dice que es una *ecuación diferencial ordinaria* (ODE). Si se involucran al menos dos variables independientes, se dice que es una ecuación diferencial parcial (PDE).

Definición 2.0.2. Un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias, según [22] es un sistema de la forma:

$$\begin{aligned}x_1' &= f_1(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\x_2' &= f_2(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\&\vdots \\x_n' &= f_n(t, x_1, x_2, \dots, x_n)\end{aligned}$$

Donde f_j son funciones de valores reales de $n + 1$ variables x_1, x_2, \dots, x_n y t . A menos que se especifique lo contrario, siempre se asumirá que f_j son funciones del tipo C^∞ .

Se puede escribir el sistema de la forma:

$$\dot{X} = F(t, X)$$

donde:

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}$$

$$F(t, X) = \begin{pmatrix} f_1(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \vdots \\ f_n(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \end{pmatrix}$$

Para simplificar la notación.

Una solución de este sistema es una función de la forma

$$X(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$$

tal que satisface:

$$\dot{X} = F(t, X(t))$$

Definición 2.0.3. Un sistema planar es un sistema con la forma de la definición 2.0.2, donde se tiene $n = 2$.

Definición 2.0.4. Un sistema autónomo es aquel sistema que tiene la forma de la definición 4.1.2 donde f_1, f_2, \dots, f_n no depende explícitamente de t . Si por el contrario, las funciones dependen de t , se trata de un sistema no autónomo.

Definición 2.0.5. En palabras de [35], un sistema de ecuaciones se dice que es desacoplado si cada ecuación puede resolverse independientemente de las otras.

Definición 2.0.6. Un sistema dinámico, nos dice [27] es aquel cuyo estado cambia en el tiempo por diversos factores. Las variables de estado deben ser las mínimas necesarias y suficientes para efectuar una macrodescripción del sistema y de su comportamiento, que responda a nuestro problema.

Definición 2.0.7. Una matriz cuadrada se dice [21] triangular superior/inferior si todos sus elementos abajo/arriba de la diagonal son cero. Se muestra a continuación un ejemplo

de una matriz triangular superior:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & a_{33} \end{pmatrix}$$

Una de las propiedades que poseen las matrices triangulares superiores/inferiores es que, los eigenvalores son los elementos de su diagonal, es decir, los a_{ij} donde $i = j$. Por lo tanto, en la matriz de la definición 4.1.6 los eigenvalores quedan de la forma: $\lambda_1 = a_{11}$, $\lambda_2 = a_{22}$, $\lambda_3 = a_{33}$.

Definición 2.0.8. Si $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$ es una función de la cual existen las derivadas parciales de primer orden, en todo \mathbb{R}^n . El jacobiano de f en un punto $x_0 \in \mathbb{R}^n$ se define como:

$$J_{f(x)} = \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1}(x_0) & \frac{\partial f_1}{\partial x_2}(x_0) & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n}(x_0) \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1}(x_0) & \frac{\partial f_2}{\partial x_2}(x_0) & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n}(x_0) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_m}{\partial x_1}(x_0) & \frac{\partial f_m}{\partial x_2}(x_0) & \dots & \frac{\partial f_m}{\partial x_n}(x_0) \end{pmatrix}$$

Ejemplo 2.0.1. El jacobiano de la función $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$ dada por: $f(x_1, x_2) = (2x_1 + x_2, 3x_2^3)$ es de la forma:

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 0 & 9x_2^2 \end{pmatrix}$$

Definición 2.0.9. Un punto crítico (punto de equilibrio, punto fijo o punto estacionario) según [28], es un punto que satisface la ecuación:

$$\dot{x} = f(x) = 0$$

Si una solución empieza en este punto, permanecerá allí.

Definición 2.0.10. Un punto crítico no degenerado x_c en un sistema dinámico se define como un punto donde la matriz Jacobiana no tiene eigenvalores nulos. En otras palabras, la matriz Jacobiana es no singular en ese punto.

Definición 2.0.11. Un punto crítico x_0 se clasifica en función de los eigenvalores de la matriz $Df(x_0)$:

- Si todos los eigenvalores de la matriz son distintos entre sí, tienen parte real negativa, se le denomina un nodo estable (sumidero, pozo o fuente atractora).
- Si todos los eigenvalores de la matriz son distintos entre sí, tienen parte real positiva, se le denomina un nodo inestable (fuente repulsora).
- Si es un punto de equilibrio hiperbólico y la matriz tiene al menos un valor propio con parte real positiva y al menos uno con parte real negativa, entonces será una silla de montar.

Definición 2.0.12. El retrato fase de un sistema, según [28] planar es la gráfica de las curvas solución cerca del origen, del sistema:

$$\dot{X} = F(t, X)$$

Definición 2.0.13. El retrato fase de un sistema tridimensional es la representación gráfica del comportamiento dinámico de sus soluciones en el espacio tridimensional. Específicamente, se trata de la gráfica de las trayectorias o curvas solución en el espacio de fases, determinadas por un sistema de ecuaciones diferenciales de la forma:

$$\dot{X} = F(t, X), \quad X \in \mathbb{R}^3$$

donde cada punto del espacio representa un estado del sistema, y las trayectorias muestran cómo evoluciona dicho estado a lo largo del tiempo.

Ejemplo 2.0.2. Este ejercicio lo tomamos de [28], corresponde al Ejemplo 9 y Programa 03c: Finding critical points. Hemos agregado el código en Python para la solución del ejemplo y del diagrama de fase.

Sea el sistema de ecuaciones siguiente:

$$\dot{x} = x \left(1 - \frac{x}{2} - y \right)$$

$$\dot{y} = y \left(x - 1 - \frac{y}{2} \right)$$

Haciendo $\dot{x} = \dot{y} = 0$, para encontrar los puntos críticos, se deslindan cuatro situaciones:

- Si $x = y = 0$ se cumple $\dot{x} = \dot{y} = 0$, por lo tanto el primer punto crítico es $(0,0)$.
- Si $x \neq 0$ y $y = 0$, de \dot{x} se tiene $x \left(1 - \frac{x}{2} \right) = 0 \rightarrow x = 2$, \therefore el punto crítico es $(2,0)$.
- Si $x \neq 0$ y $y \neq 0$, de \dot{x} se tiene

$$1 - \frac{x}{2} = y$$

Luego, sustituyendo y en \dot{y}

$$\frac{2-x}{2} \left(x - 1 - \frac{2-x}{2} \right) = 0$$

$$\frac{5x-6}{4} = 0$$

$$\therefore x = \frac{6}{5}$$

Análogamente, sustituyendo $x = \frac{6}{5}$ en \dot{x} , se tiene el punto crítico $\left(\frac{6}{5}, \frac{2}{5} \right)$.

- Si $x = 0$ y $y \neq 0$, de \dot{y} se tiene $y \left(-1 - \frac{y}{2} \right) = 0 \rightarrow y = -2$.

Así, se tienen los cuatro puntos críticos:

- $(0,0)$
- $(0,-2)$
- $(2,0)$
- $\left(\frac{6}{5}, \frac{2}{5} \right)$

El Jacobiano es de la forma:

$$J_{f(x,y)} = \begin{bmatrix} 1-x-y & -x \\ y & x-y-1 \end{bmatrix}$$

Y se tiene:

El jacobiano evaluado en $(0, 0)$:

$$J_{f(0,0)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Eigenvalores asociados:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

El jacobiano evaluado en $(0, -2)$:

$$J_{f(0,-2)} = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ -2 & 1 \end{bmatrix}$$

Eigenvalores asociados:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} 3 \\ 1 \end{bmatrix}$$

El jacobiano evaluado en $(2, 0)$:

$$J_{f(2,0)} = \begin{bmatrix} -1 & -2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Eigenvalores asociados:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

El jacobiano evaluado en $(\frac{6}{5}, \frac{2}{5})$:

$$J_{f(\frac{6}{5}, \frac{2}{5})} = \begin{bmatrix} -0.6 & -1.2 \\ 0.4 & -0.2 \end{bmatrix}$$

Eigenvalores asociados:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} -0.4 - 0.6633i \\ -0.4 + 0.6633i \end{bmatrix}$$

Para ilustrar el procedimiento de la obtención de eigenvalores asociados a través del polinomio característico: retomemos el jacobiano obtenido y evaluado en el punto $(\frac{6}{5}, \frac{2}{5})$:

$J(\frac{6}{5}, \frac{2}{5})$:

Matríz ΛI :

$$J_{f(\frac{6}{5}, \frac{2}{5})} = \begin{bmatrix} -0.6 & -1.2 \\ 0.4 & -0.2 \end{bmatrix}$$

$$\Lambda I = \begin{bmatrix} \Lambda & 0 \\ 0 & \Lambda \end{bmatrix}$$

Haciendo $J(\frac{6}{5}, \frac{2}{5}) - \Lambda I$

$$\begin{bmatrix} -0.6 - \Lambda & -1.2 \\ 0.4 & -0.2 - \Lambda \end{bmatrix}$$

Se tiene el determinante:

$$\det \left(J \left(\frac{6}{5}, \frac{2}{5} \right) - \Lambda I \right) = (-0.6 - \Lambda)(-0.2 - \Lambda) - (-1.2)(0.4)$$

$$\det \left(J \left(\frac{6}{5}, \frac{2}{5} \right) - \Lambda I \right) = \Lambda^2 + 0.8\Lambda + 0.6$$

$$P(\Lambda) = \Lambda^2 + 0.8\Lambda + 0.6$$

Aplicando la fórmula cuadrática, se tiene:

$$\Lambda = \frac{-0.8 \pm \sqrt{0.8^2 - 4(1)(0.6)}}{2}$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} -0.4 + 0.6633i \\ -0.4 - 0.6633i \end{bmatrix}$$

```
import sympy as sp
from sympy import symbols
from sympy import *
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from scipy.integrate import odeint
import pylab as pl
import numpy as np
l = symbols("lambda")
x,y = sp.symbols("x y")
P = x * (1- x/2 - y)
Q = y * (x- 1 - y/2)
#Puntos críticos
#Set P(x,y)=0 y Q(x,y)=0
Peqn = sp.Eq(P,0)
Qeqn = sp.Eq(Q,0)
criticalpoints = sp.solve((Peqn, Qeqn), x, y)
print(criticalpoints)
#Matriz jacobiano
J = sp.Matrix([[diff(P,x), diff(P,y)],
```

```

        [diff(Q,x), diff(Q,y)]]

print(J)
#Linealizando al rededor de cada punto crítico
a = J.subs({x:0, y:0})
b = J.subs({x:0, y:-2})
c = J.subs({x:2, y:0})
d = J.subs({x:6/5, y:2/5})

print(a)
#eigenvalores de cada punto crítico
ae= a.eigenvals()
be= b.eigenvals()
ce= c.eigenvals()
de= d.eigenvals()

```

```

#CÓDIGO DIAGRAMA DE FASE
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.integrate import solve_ivp
def dx_dt(t, state): #Sistema de ED
    x, y = state # Desempaquetar el estado en x y y
    dxdt = x * (1 - x/2 - y) # dx/dt
    dydt = y * (x - 1 - y/2) # dy/dt
    return [dxdt, dydt]
# Trayectorias en el tiempo hacia adelante
ts = np.linspace(0, 15, 500) #500 puntos (hacia adelante)
ts_backward = np.linspace(0, -15, 500)  #(hacia atrás)
ci = np.linspace(-3, 3, 6) # Condiciones iniciales

```

```
# Graficar trayectorias
for r in ci:
    for s in ci:
        x0 = [r, s]
        sol = solve_ivp(dx_dt, [0, 15], x0, t_eval=ts, atol=1e-8,
            ↪ rtol=1e-8)
        plt.plot(sol.y[0], sol.y[1], "r-", alpha=0.6) #Color rojo
for r in ci:
    for s in ci:
        x0 = [r, s]
        sol_backward = solve_ivp(dx_dt, [0, -15], x0,
            ↪ t_eval=ts_backward, atol=1e-8, rtol=1e-8)
        plt.plot(sol_backward.y[0], sol_backward.y[1], "g-",
            ↪ alpha=0.6) #color verde
plt.xlabel("x", fontsize=15) #Etiquetas
plt.ylabel("y", fontsize=15)
plt.tick_params(labelsize=15)
plt.xlim(-3, 3)
plt.ylim(-3, 3)
# Graficar el campo vectorial
X = np.linspace(-3, 3, 20) # Ampliar el rango de la cuadrícula
Y = np.linspace(-3, 3, 20)
X, Y = np.meshgrid(X, Y)
# Calcular los componentes del campo vectorial
u = X * (1 - X/2 - Y) # dx/dt
v = Y * (X - 1 - Y/2) # dy/dt
# Graficar los vectores de velocidad
plt.quiver(X, Y, u, v, color="b", scale=50, width=0.003)
# Mostrar la gráfica
```

```
plt.title("Diagrama de fase para el sistema dado")  
plt.show()
```

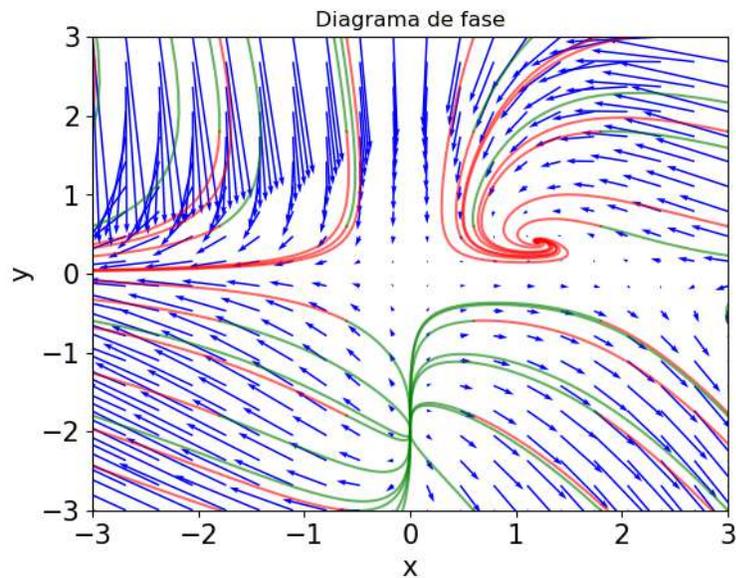


Figura 2.1: Diagrama fase correspondiente al sistema de ecuaciones del ejemplo 2.0.2. Imagen propia.

2.1. Modelo matemático del sesgo de género y la homofilia en las jerarquías profesionales

Para introducir al lector en el aspecto matemático del presente proyecto, resulta indispensable el claro manejo de las ecuaciones que participan en el trabajo base [10]. Es por ello que, en esta sección, presentamos el desarrollo y explicación de los elementos participantes.

Supuestos:

1. El sesgo de contratación basado en el género (b) es constante en todos los niveles jerárquicos ¹.
2. Un factor influyente en la decisión de solicitar o no un ascenso laboral, es la homofilia λ .
3. La probabilidad $P(u, v)$ de solicitar el ascenso al siguiente nivel es una función de la fracción de personas del nivel superior, que comparten el género del solicitante, u , y la fracción de personas del mismo género en el nivel actual del solicitante, v . Esta probabilidad está dada por la función sigmoide.
4. Las vacantes las crean las personas que ascienden al siguiente nivel, las que abandonan el sector en un nivel determinado, o las que se jubilan en el nivel superior, este supuesto es representado por R_j .
5. El número de personas disminuye a medida que aumenta el nivel jerárquico.

Así mismo, se enlistan a continuación las etiquetas utilizadas para cada nivel jerárquico que está presente en el modelo teórico:

- *Undergrad - Estudiante de pregrado o licenciatura.* Se hace referencia aquellos matriculados que están cursando una carrera universitaria, pero aún no han obtenido su título de licenciatura.

¹Si $b = \frac{1}{2}$ no existe sesgo; si $b > \frac{1}{2}$ el sesgo favorece a las mujeres y si $b < \frac{1}{2}$ el sesgo favorece a los hombres.

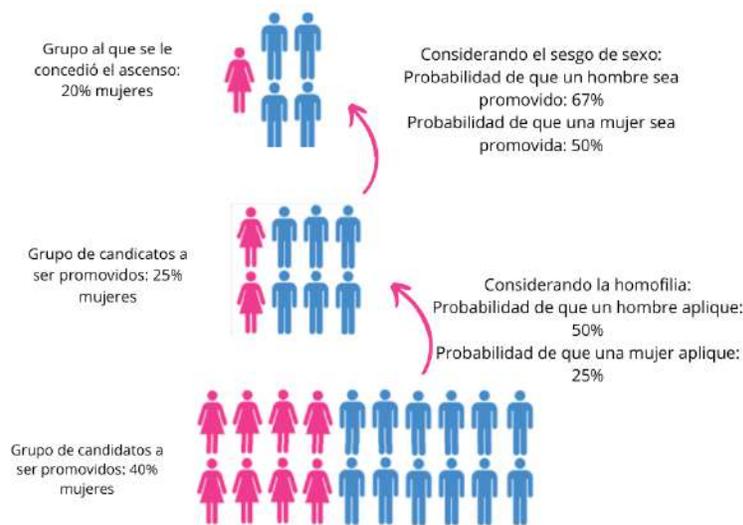


Figura 2.2: Ejemplo de proceso de decisión entre dos niveles ($L=2$) de una jerarquía profesional. Imagen adaptada del artículo base.

Tabla 2.1: Variables y parámetros para el sistema de ecuaciones.

Símbolo	Descripción
x_j	Fracción de mujeres en el nivel j
L	Total de niveles jerárquicos
R_j	Personas que abandonan el nivel j
N_j	Cantidad de personas en el nivel j
$r_j = \frac{\sum_{k=j+1}^L R_k N_k}{R_j N_j}$	Relación entre el total de personas que se retiran por encima del nivel j y las personas que se retiran en el nivel j
$P(u,v)$	Probabilidad de buscar promoción
$f(u, v; b)$	Fracción de mujeres promovidas al siguiente nivel
$N_j x_j$	Cantidad de mujeres en el nivel j
b	Parámetro de sesgo ($b=\frac{1}{2}$ implica que no existe sesgo)
λ	Intensidad de la tendencia homofílica

- *Grad - Estudiante de posgrado.* Se refiere a alguien que está realizando estudios después de obtener su licenciatura, como una maestría o un doctorado.
- *Postdoc - Postdoctorante.* Hace referencia a aquellos que han completado su doctorado y realizan investigación adicional en su campo, usualmente en colaboración con otros académicos.

- *Tenure track - Carrera tenure.* Puesto académico en el que, después de un periodo de evaluación, se puede obtener el *tenure*, que es una forma de permanencia o estabilidad laboral en la universidad.
- *Tenured - Estabilidad Laboral.* Profesor que ha alcanzado su estabilidad laboral o permanencia en la universidad después de cumplir con ciertos requisitos, como una evaluación de su desempeño.
- *Full - Profesor titular.* Profesor con *tenure* que ha alcanzado el nivel más alto de su carrera académica. Es el rango más alto en la jerarquía académica en muchas universidades.

Para responder a la pregunta sobre ¿cuál sería un incentivo para que las mujeres busquen aplicar a un puesto superior? Clifton y compañía han seleccionado la intensidad de la tendencia a la homofilia como la variable λ , el cual se ve reflejado en $\lambda(u - v)$. Así, la probabilidad de buscar ascender en la jerarquía profesional está dada por la ecuación (2.1), que toma como base la función sigmoide ²:

$$P(u, v) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda(u-v)}} \tag{2.1}$$

Dada la probabilidad $P(u, v)$ de buscar ser promovida al siguiente nivel, la fracción de mujeres promovidas está dada por la ecuación (2.2), donde b representa el sesgo de género (el modelo parte del supuesto de que el género es un factor importante tanto en la decisión de solicitar un ascenso como en la decisión de concederlo), u y v serán la fracción de mujeres en el nivel j y $j-1$, esto es, corresponden a evaluar x_j y x_{j-1}

$$f(u, v; b) = \frac{bvP(u, v)}{bvP(u, v) + (1 - b)(1 - v)P(1 - u, 1 - v)} \tag{2.2}$$

la dinámica del sistema: la tasa de cambio de mujeres en cada nivel, a través del tiempo,

²La función sigmoide permite describir procesos naturales y curvas de aprendizaje de sistemas complejos que presentan una progresión temporal desde niveles bajos, hasta alcanzar un clímax transcurrido un cierto tiempo [14].

considerando $b \neq \frac{1}{2}$ y $\lambda \neq 0$ se puede representar con el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} \frac{d(x_1)}{dt} &= R_1 ((1 + r_1) f(x_1, x_0; b) - x_1 - r_1 f(x_2, x_1; b)) \\ \frac{d(x_j)}{dt} &= R_j ((1 + r_j) f(x_j, x_{j-1}; b) - x_j - r_j f(x_{j+1}, x_j; b)) \quad \text{para } 1 \leq j \leq L \\ \frac{d(x_L)}{dt} &= R_L (f(x_L, x_{L-1}; b) - x_L) \end{aligned} \quad (2.3)$$

Al considerar las combinaciones que se pueden realizar con la ausencia de las variables (homofilia y/o sesgo), surgen tres sub-modelos: nulo (ausencia tanto de sesgo como de homofilia), sin homofilia y sin sesgo, los cuales se presentan a continuación.

Modelo nulo

En ausencia de sesgo ($b = \frac{1}{2}$) y homofilia ($\lambda = 0$), el sistema 2.3 se reduce a:

$$\frac{dx_j}{dt} = R_j ((1 + r_j) (x_{j-1} - x_j)) \quad \text{para } 1 \leq j \leq L \quad (2.4)$$

Creamos una réplica de la gráfica de Clifton et al.[10], la cual se muestra en la figura 2.3, los parámetros de cada nivel corresponden a $N_i = 13, 8, 5, 3, 2, 1$ y $R_i = 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/9, 1/15$. Tanto para una jerarquía de seis niveles, como de dos y tres bajo la ausencia de sesgo y homofilia, el sistema converge a la paridad con el transcurso del tiempo.

Agregamos también los diagramas fase para dos y tres dimensiones, los cuales no se encuentran en el artículo original; pueden consultarse estos últimos en las figuras 2.4 y 2.5. Para ambos casos se presenta un atractor en (0.5, 0.5), de forma que, independientemente de las condiciones iniciales, partiendo desde cualquier cantidad de mujeres en los distintos niveles, se alcanzará el 50% de la población femenina.

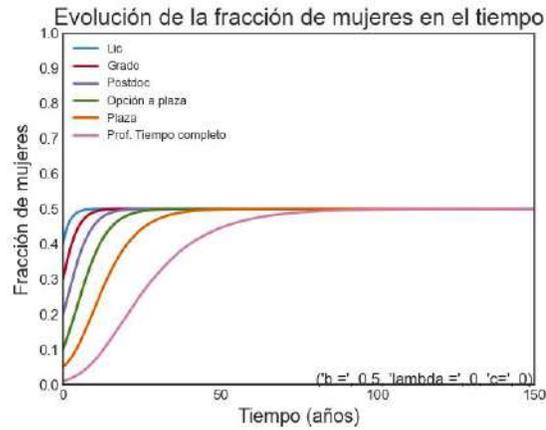


Figura 2.3: Evolución de la fracción de mujeres en niveles académicos a lo largo de 150 años, bajo la ausencia de homofilia, sesgo y condición. Imagen propia.

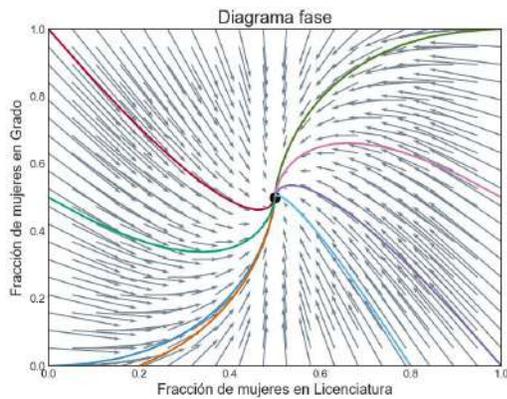


Figura 2.4: Diagrama fase y campo vectorial para Licenciatura y Grado. Imagen propia.

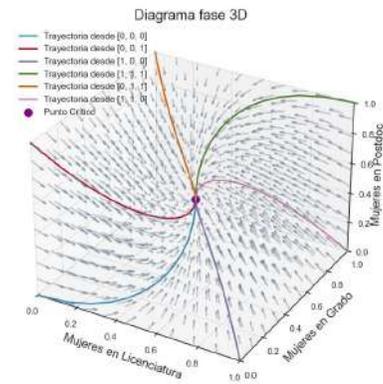


Figura 2.5: Diagrama fase en 3D y campo vectorial para Licenciatura, Grado y Postdoc. Imagen propia.

Modelo sin homofilia

Cuando se tiene ausencia de homofilia ($\lambda = 0$) y la existencia de sesgo ($b \neq \frac{1}{2}$) el sistema de ecuaciones que se obtiene es:

$$\frac{dx_j}{dt} = R_j \left((1 + r_j) \frac{bx_{j-1}}{bx_{j-1} + (1 - b)(1 - x_{j-1})} - x_j - r_j \frac{bx_j}{bx_j + (1 - b)(1 - x_j)} \right) \quad \text{para } 1 \leq j \leq L \tag{2.5}$$

Para ilustrar este caso hemos creado la figura 2.6 réplica también de [10], donde $b = 0.35$. Los parámetros del modelo nulo para cada nivel (N_i, R_i) los hemos mantenido. También hemos agregado los diagramas de fase para dos (fig.2.7) y tres niveles (fig.2.8); nuevamente, estos no se encuentran en el artículo original. A diferencia del modelo nulo, cuando movemos el sesgo de forma que favorezca a los hombres ($b < \frac{1}{2}$) el sistema evoluciona de forma que se mantiene una mayoría en la población masculina para cada nivel.

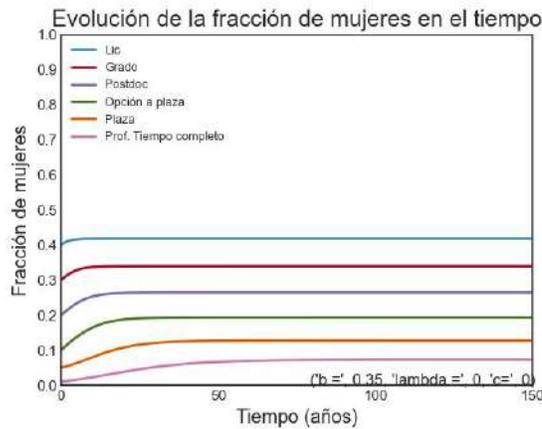


Figura 2.6: Evolución de la fracción de mujeres en niveles académicos a lo largo de 150 años, bajo la ausencia de homofilia y condición. Imagen propia.

El efecto de no alcanzar paridad se ve reflejado en el desplazamiento del punto crítico, tanto para dos como para tres niveles; pese a que el sistema sigue siendo estable, cuando el sesgo afecta a la mujer, las promociones se le otorgarán mayormente a los hombres.

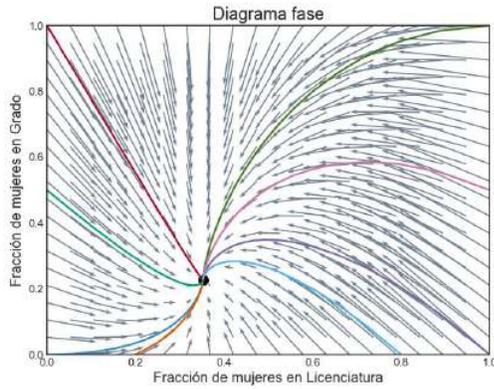


Figura 2.7: Diagrama de fase para Licenciatura y Grado, bajo la ausencia de homofilia, con $b = 0.35$. Imagen propia.

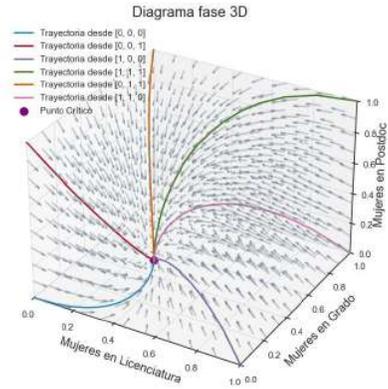


Figura 2.8: Diagrama de fase para Licenciatura, Grado, y Postdoc, bajo la ausencia de homofilia, con $b = 0.35$. Imagen propia.

Modelo sin sesgo

Si el sesgo no afecta ni a hombres ni a mujeres ($b = \frac{1}{2}$) y sólo se considera la existencia de la homofilia ($\lambda \neq 0$), el sistema de ecuaciones se reduce a:

$$\frac{dx_j}{dt} = R_j ((1 + r_j) f_0(x_j, x_{j-1}) - x_j - r_j f_0(x_{j+1}, x_j)) \quad \text{para } 1 \leq j \leq L \quad (2.6)$$

Una vez más, para ilustrar este caso hemos creado la figura 2.9 réplica también de [10], donde se considera una ligera tendencia a la homofilia, a penas por debajo del nivel medio, $\lambda = 3$. Los parámetros del modelo nulo para cada nivel (N_i, R_i) los hemos mantenido.

Podemos observar que, al asumir la inexistencia del sesgo, el comportamiento del sistema muestra oscilaciones en la fracción de mujeres para todos los niveles de la jerarquía. Es decir, el sistema entra en un ciclo en el que las mujeres inicialmente alcanzan una mayoría, pero con el tiempo su proporción disminuye hasta convertirse en minoría. Este patrón de ascensos y descensos se repite de manera continua a lo largo del tiempo.

Asimismo, realizamos una simulación considerando tres niveles jerárquicos (Licenciatura, Grado y Posdoctorado) el cual corresponde a la figura 2.10, junto con su correspondiente diagrama de fase (figura 2.11). En este caso, el fenómeno de alternancia entre mayoría y minoría en la fracción de mujeres se manifiesta como un ciclo límite. En el diagrama de

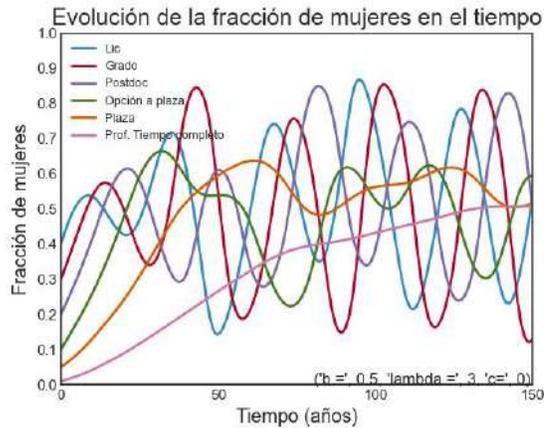


Figura 2.9: Evolución de la fracción de mujeres en niveles académicos a lo largo de 150 años, bajo la ausencia de sesgo. Imagen Propia.

fase tridimensional, las trayectorias del sistema, independientemente de las condiciones iniciales, orbitan alrededor del punto crítico, lo que indica la estabilidad del comportamiento oscilatorio.

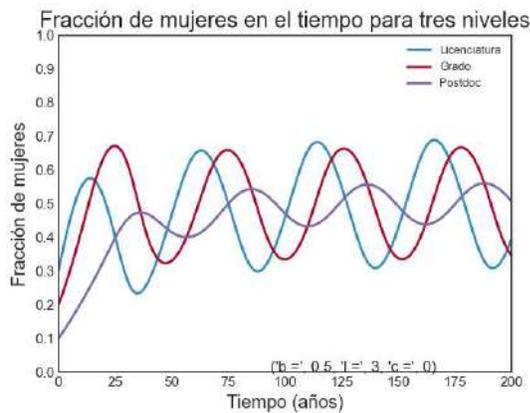


Figura 2.10: Evolución de la fracción de mujeres en tres niveles, Lic, Grado y Postdoc, sin sesgo, con $\lambda = 3$. Imagen propia.

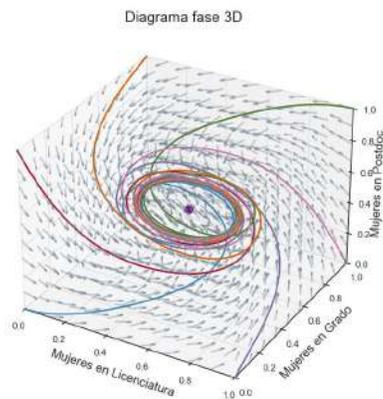


Figura 2.11: Diagrama de fase para Licenciatura, Grado, y Postdoc, sin sesgo, con $\lambda = 3$. Imagen propia.

Capítulo 3

Propuesta

De acuerdo con las características descritas en la sección 1.1, sobre la condición de la mujer, pretendemos analizar el impacto de este aspecto en la escala de la jerarquía profesional y académica, ¿cómo afecta la condición? ¿cómo se pueden configurar el sesgo, la homofilia y la condición para atender el efecto de la tubería con fugas? ¿es suficiente con modificar el sesgo y la homofilia para alcanzar la paridad? y aún más, ¿es deseable la paridad? Dado que el caso de interés radica en cómo estas variables afectan a las mujeres, sólo consideramos $b \in [0, \frac{1}{2}]$.

En particular:

- Si $b=0$ la fracción de mujeres promovidas es 0, el sesgo anula completamente la cantidad de mujeres en los próximos niveles.
- Si $b=\frac{1}{2}$ No existe sesgo en favor o en contra de las mujeres.

Cabe recordar que, aquí se presenta la estructura de las ecuaciones obtenidas al aplicar distintas configuraciones en los parámetros, es decir, los casos que se desprenden de la extensión del modelo; posteriormente, en la sección Resultados y Análisis (particularmente 4.1 y 4.1.1) se realiza el ajuste de parámetros y el análisis numérico de los casos, mientras que, debido a la complejidad que adquiere el caso para $b \neq \frac{1}{2}, \lambda \neq 0, c \neq 0$, la cual rebasa los alcances de este trabajo, se configura de forma estratégica para su análisis.

3.0.1. Extensión del modelo

El artículo Modelo matemático del sesgo de género y la homofilia en las jerarquías profesionales [10], aborda dos aspectos fundamentales para explicar la dinámica de género en el acceso a puestos de mayor jerarquía: por un lado, el sesgo presente en los procesos de toma de decisiones por parte de quienes tienen la facultad de promover o ascender a mujeres; y por otro, la homofilia, entendida como la tendencia a favorecer interacciones con individuos percibidos como similares, en este caso, en función del sexo.

No obstante, este modelo deja fuera una dimensión igualmente relevante: los factores que contribuyen a la auto-exclusión. Es importante aclarar que el término "auto-exclusión" no implica una decisión moralmente negativa o consciente de rechazo, sino que hace referencia a un fenómeno observable y recurrente: la elección (influida por factores estructurales y subjetivos, como los discutidos en el marco teórico) de abandonar un puesto o no postularse a una vacante de mayor nivel.

La extensión del modelo propuesta en este trabajo incorpora este fenómeno mediante la inclusión de la variable c , la cual se introduce de forma independiente al sesgo y a la homofilia, específicamente en la función de probabilidad, como se muestra en la ecuación 3.1. La incorporación de la variable c , permite capturar con mayor fidelidad la dinámica real de participación femenina en las trayectorias profesionales, al considerar no sólo las decisiones externas (quién promueve a quién) sino también los factores internos y estructurales que condicionan la permanencia y postulación de las mujeres en contextos competitivos. En este sentido, la "condición" ofrece un canal formal para estudiar escenarios de intervención donde la auto-exclusión pueda reducirse mediante políticas institucionales o cambios culturales.

$$P(u, v, c) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda(u-v)+c}} \quad (3.1)$$

La fracción de mujeres promovidas toma la forma de la ecuación 3.2.

$$f(u, v, c; b) = \frac{bvP(u, v, c)}{bvP(u, v, c) + (1 - b)(1 - v)(P(1 - u, 1 - v, c))} \quad (3.2)$$

Y el sistema de ecuaciones (2.3) pasa a ser el (3.3), que representa el cambio en la

fracción de mujeres en cada nivel a lo largo del tiempo.

$$\begin{aligned}\frac{d(x_1)}{dt} &= R_1 ((1 + r_1) f(x_1, x_0, c; b) - x_1 - r_1 f(x_2, x_1, c; b)) \\ \frac{d(x_j)}{dt} &= R_j ((1 + r_j) f(x_j, x_{j-1}, c; b) - x_j - r_j f(x_{j+1}, x_j, c; b)) \quad \text{para } 1 \leq j \leq L \quad (3.3) \\ \frac{d(x_L)}{dt} &= R_L (f(x_L, x_{L-1}, c; b) - x_L)\end{aligned}$$

Para términos del presente documento, las etiquetas que se usarán corresponden al español, y se han sustituido por la siguiente lista, donde cada traducción es respectiva a la lista de etiquetas descrita en la sección 2.1 : Lic, Grado, Postdoc, Opción a plaza, Plaza y Prof. tiempo completo.

Considerando la ecuación (3.1) de la nueva expresión para la probabilidad, podemos escribirla de la siguiente manera para su análisis:

$$P(u, v, c) = \frac{e^{\lambda(u-v)}}{e^{\lambda(u-v)} + e^c} \quad (3.4)$$

La figura 3.1 es la gráfica del comportamiento de 3.4, donde hemos hecho $A = \lambda(u - v) = 0$ sólo para un mejor entendimiento del análisis siguiente.

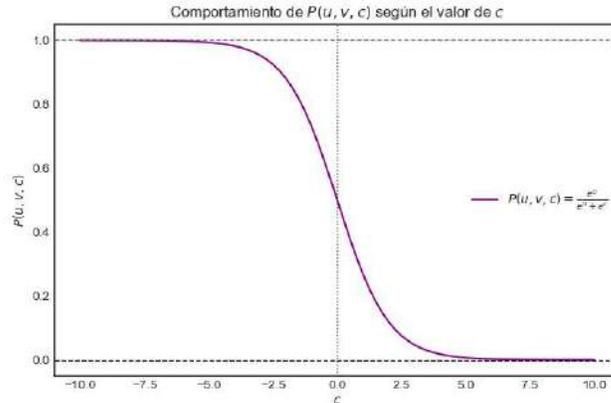


Figura 3.1: Gráfica del comportamiento de $P(u, v, c)$, considerando $\lambda(u - v) = 0$. Imagen propia.

Aplicando el límite cuando $c \rightarrow -\infty$:

$$\lim_{c \rightarrow -\infty} \frac{e^{\lambda(u-v)}}{e^{\lambda(u-v)} + e^c} = \frac{e^{\lambda(u-v)}}{e^{\lambda(u-v)} + 0} = 1$$

Aplicando el límite cuando $c \rightarrow 0$:

$$\lim_{c \rightarrow 0} \frac{e^{\lambda(u-v)}}{e^{\lambda(u-v)} + e^c} = \frac{e^{\lambda(u-v)}}{e^{\lambda(u-v)} + 1}$$

$$\lim_{c \rightarrow 0} \frac{e^{\lambda(u-v)}}{e^{\lambda(u-v)} + e^c} = \frac{1}{1 + e^{-\lambda(u-v)}}$$

Es decir, cuando la condición de la mujer se hace tan pequeña, casi cero, se obtendrá el modelo original [10], donde la variable dominante en la probabilidad de aplicar será la homofilia.

Aplicando el límite cuando $c \rightarrow \infty$:

$$\lim_{c \rightarrow \infty} \frac{e^{\lambda(u-v)}}{e^{\lambda(u-v)} + e^c} = 0$$

Esto es, al aumentar c , la probabilidad de que una mujer busque ascender en la jerarquía profesional disminuirá, tendiendo a cero. Por lo tanto, cuando más decrece negativamente c (esto es, cuando la condición de la mujer cambia a tal grado que se le presentan todas las oportunidades y todos los incentivos para postularse), la probabilidad de aplicar a un ascenso profesional será mayor.

3.0.2. Variaciones del modelo extendido.

Dado que al hacer $c=0$ nos regresa al modelo original, hemos dejado fuera esos casos; así, sólo nos enfocaremos en los nuevos modelos obtenidos al considerar $c \neq 0$.

Si $b = \frac{1}{2}$, $\lambda = 0$, $c \neq 0$ (**Modelo nulo condicionado**)

La única variable que afecta en este caso es la condición (c), suponiendo una inexistencia de sesgo por parte de los agentes encargados de conceder o negar una promoción a la mujer; así mismo, se supone una inexistencia de la homofilia, es decir, la cantidad de mujeres u hombres en los niveles no afecta la probabilidad de aplicar a la candidatura. La ecuación de la probabilidad (3.4) pasa a ser:

$$P(c) = \frac{1}{1 + e^c} \quad (3.5)$$

En este caso sólo se tiene la condición (c), y trabajando con la ecuación (3.2) se tiene:

$$f(v, c; 1/2) = \frac{\frac{1}{2}v \frac{1}{1+e^c}}{\frac{1}{2}v \frac{1}{1+e^c} + \frac{1}{2}(1-v) \frac{e^c}{1+e^c}}$$

$$f(v, c) = \frac{v}{e^c + v(1 - e^c)} \quad (3.6)$$

Reconstruyendo el sistema de ecuaciones:

$$\frac{dx_j N_j}{dt} = \left(\sum_{k=j}^L R_k N_k \right) f(x_{j-1}, c) - R_j N_j x_j - \left(\sum_{k=j+1}^L R_k N_k \right) f(x_j, c)$$

Multiplicando por $\frac{1}{R_j N_j}$:

$$\frac{1}{R_j} \left(\frac{dx_j}{dt} \right) = \frac{\left(\sum_{k=j}^L R_k N_k \right)}{R_j N_j} f(x_{j-1}, c) - x_j - \frac{\left(\sum_{k=j+1}^L R_k N_k \right)}{R_j N_j} f(x_j, c)$$

donde:

$$\frac{\sum_{k=j}^L R_k N_k}{R_j N_j} = \frac{R_j N_j}{R_j N_j} + \frac{R_{j+1} N_{j+1}}{R_j N_j} + \dots + \frac{R_L N_L}{R_j N_j}$$

$$\frac{\sum_{k=j}^L R_k N_k}{R_j N_j} = 1 + \frac{R_{j+1} N_{j+1}}{R_j N_j} + \dots + \frac{R_L N_L}{R_j N_j}$$

$$\frac{\sum_{k=j}^L R_k N_k}{R_j N_j} = 1 + \frac{\sum_{k=j+1}^L R_k N_k}{R_j N_j}$$

Si $r_j = \frac{\sum_{k=j+1}^L R_k N_k}{R_j N_j}$ se tiene:

$$\frac{\sum_{k=j}^L R_k N_k}{R_j N_j} = 1 + r_j$$

entonces:

$$\frac{1}{R_j} \left(\frac{dx_j}{dt} \right) = (1 + r_j) f(x_{j-1}, c) - x_j - r_j f(x_j, c)$$

por lo que el sistema condicionado es el (3.6):

$$\frac{dx_1}{dt} = R_1 \left((1 + r_1) \frac{x_0}{x_0 + (1 - x_0) e^c} - x_1 - r_1 \frac{x_1}{x_1 + (1 - x_1) e^c} \right) \quad \text{para } j = 1$$

$$\frac{dx_j}{dt} = R_j \left((1 + r_j) \frac{x_{j-1}}{x_{j-1} + (1 - x_{j-1}) e^c} - x_j - r_j \frac{x_j}{x_j + (1 - x_j) e^c} \right) \quad \text{para } 1 < j < L$$

(3.7)

$$\frac{dx_L}{dt} = R_L \left(\frac{x_{L-1}}{x_{L-1} + (1 - x_{L-1}) e^c} - x_L \right) \quad \text{para } j = L$$

En el modelo nulo condicionado, las ecuaciones sólo dependen de la fracción de mujeres en el nivel $j - 1$ y el j , que se observa en el sistema de ecuaciones 3.7 como x_{j-1} y x_j . Por lo que, la forma del jacobiano siempre será la de una matriz triangular inferior; de forma general, haciendo $g_j = \frac{dx_j}{dt}$ las únicas parciales diferentes de cero serán las que tengan la forma:

$$\frac{\partial g_j}{\partial x_{j-1}}, \frac{\partial g_j}{\partial x_j}$$

así, los eigenvalores siempre serán las entradas a_{ij} donde $i = j$, que tienen la forma:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} -R_j \left(1 + \frac{r_j}{e^c} \left(\frac{e^c}{x_j + (1 - x_j) e^c} \right)^2 \right) & \text{para } 1 \leq j < L \\ & -R_L \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

Considerando que $R_j > 0$ para $1 \leq j \leq L$, los eigenvalores de 3.7 corresponderán a un

pozo.

Para el análisis de puntos críticos (x^*), hemos considerado un modelo de dos niveles jerárquicos ($L=2$), donde $x_0=\frac{1}{2}$ y definimos σ como:

$$\sigma = \frac{1}{2\sqrt{2}} \sqrt{4e^{2c}r_1(r_1 + 2) + e^{2c}(e^{2c} + 2) + 1}$$

así, se tienen dos puntos críticos:

Punto crítico 1

$$x^{*11} = \frac{e^c(r_1 + 1) - \sqrt{2}\sigma}{e^{2c} - 1} + \frac{1}{2}$$

$$x^{*12} = \frac{\sqrt{2}\sigma - r_1 - \frac{1}{2}(e^{2c} + 1)}{r_1(e^{2c} - 1)}$$

Punto crítico 2

$$x^{*21} = \frac{e^c(r_1 + 1) + \sqrt{2}\sigma}{e^{2c} - 1} + \frac{1}{2}$$

$$x^{*22} = \frac{-r_1 - \sqrt{2}\sigma - \frac{1}{2}(e^{2c} + 1)}{r_1(e^{2c} - 1)}$$

Ejemplo 3.0.1. Asignando los valores $L=2$, $b = \frac{1}{2}$, $\lambda = 0$, $c = 1$, $x_0 = 0.5$, $x_i = (0.3, 0.2)$, $N_i = (13, 8)$ y $R_i = (0.25, 0.2)$, se tiene $r_i = (0.49230, 0)$ donde $i \in (1, 2)$.

El sistema de dos ecuaciones queda de la siguiente forma:

$$\frac{dx_1}{dt} = R_1 \left((1 + r_1) f(x_0, c) - x_1 - r_1 f(x_1, c) \right) \quad \dots g_1$$

$$\frac{dx_2}{dt} = R_2 (f(x_1, c) - x_2) \quad \dots g_2$$

Cuya forma del jacobiano:

$$J = \begin{bmatrix} R_1 \left(-\frac{2.0r_1x_1 \left(\frac{0.5e^c}{e^{c+1}} - \frac{0.5}{e^{c+1}} \right)}{\left(\frac{e^c(1-x_1)}{e^{c+1}} + \frac{x_1}{e^{c+1}} \right)^2} - \frac{0.5r_1}{(e^c+1) \left(\frac{0.5e^c(1-x_1)}{e^{c+1}} + \frac{0.5x_1}{e^{c+1}} \right)} - 1 \right) & 0 \\ R_2 \left(\frac{2.0x_1 \left(\frac{0.5e^c}{e^{c+1}} - \frac{0.5}{e^{c+1}} \right)}{\left(\frac{e^c(1-x_1)}{e^{c+1}} + \frac{x_1}{e^{c+1}} \right)^2} + \frac{0.5}{(e^c+1) \left(\frac{0.5e^c(1-x_1)}{e^{c+1}} + \frac{0.5x_1}{e^{c+1}} \right)} \right) & -R_2 \end{bmatrix}$$

donde $\frac{\partial g_1}{\partial x_2} = 0$, por lo que los eigenvalores del jacobiano son las entradas J_{11} y J_{22}

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \frac{R_1(-r_1 x_1(e^c - 1)(e^c(x_1 - 1) - x_1) + r_1(e^c(x_1 - 1) - x_1)^2 - (e^c(x_1 - 1) - x_1)^3)}{(e^c(x_1 - 1) - x_1)^3} \\ -R_2 \end{bmatrix}$$

Se tiene un único punto crítico que corresponde a $x_c = (0.5, 0.5)$, evaluando el jacobiano, los eigenvalores toman la forma de:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} -0.34679357 \\ -0.2 \end{bmatrix}$$

por lo que x_c corresponde a un pozo.

Si $b \in (0, \frac{1}{2})$, $\lambda = 0$, $c \neq 0$ (Modelo condicionado y sesgado.)

Como $\lambda = 0$ entonces la probabilidad tiene la forma de la ecuación 3.5. En cuanto a la fracción de mujeres que serán promovidas, la ecuación ?? toma la forma:

$$f(v, b, c) = \frac{bv}{bv + e^c(1-b)(1-v)} \quad (3.9)$$

Así, se tiene:

$$\begin{aligned} \frac{d(x_1)}{dt} &= R_1((1+r_1)f(x_0, b, c) - x_1 - r_1f(x_1, b, c)) \\ \frac{d(x_j)}{dt} &= R_j((1+r_j)f(x_{j-1}, b, c) - x_j - r_jf(x_j, b, c)) \quad \text{para } 1 < j < L \\ \frac{d(x_L)}{dt} &= R_L(f(x_{L-1}, b, c) - x_L) \end{aligned} \quad (3.10)$$

Análogamente con el modelo anterior, el jacobiano es una matriz triangular inferior, cuyos eigenvalores toman la forma:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} -R_j \left(1 + r_j \left(\frac{b(1-b)e^c}{(bx_j + e^c(1-b)(1-x_j))^2} \right) \right) & \text{para } 1 \leq j < L \\ -R_L \end{bmatrix}$$

Y los puntos críticos para este caso cuentan con un radical algo extenso, por lo que, definimos las siguientes igualdades:

$$\begin{aligned}
A_1 &= b^4 r_1 (r_1 e^{2c} - 2x_0 e^c (x_0 e^{2c} + 4x_0 e^c + 2x_0 - 3e^{2c})) \\
A_2 &= b^2 e^c (2r_1 (x_0 (4e^c + 1) - e^{2c}) + x_0^2 e^c (e^c - 2)) \\
A_3 &= b^3 (bx_0 (x_0 - 2e^{2c} (e^{2c} - 1)) + e^{2c} (be^{2c} - 2r_1^2)) \\
A_4 &= 2b^3 r_1 x_0 e^c (3e^{2c} (2x_0 - 3) + 2(4e^c (x_0 - 1) + x_0)) \\
A_5 &= 3b^3 e^c (r_1 (x_0 + 3e^{2c}) + 2x_0 e^c (e^{2c} (2 - x_0) + x_0)) \\
A_6 &= b^2 e^{2c} (4b(x_0 - e^{2c}) - 4r_1 x_0^2 (3e^c - 2) + r_1^2) \\
A_7 &= 2b^2 e^{2c} ((3e^c (r_1 (3x_0 - 1) + x_0^2 e^c)) + x_0 (4r_1 - x_0)) \\
A_8 &= 2b^2 e^{2c} (3e^{2c} (2x_0 + 1) + x_0) + 2br_1 x_0 e^{3c} (x_0 - 3) \\
A_9 &= 2be^{3c} ((r_1 - 2x_0^2 e^c) - 2e^c (x_0 - 1)^2) \\
A_{10} &= e^{4c} (1 - 2x_0)
\end{aligned}$$

Con esto definimos:

$$\theta = \frac{\sqrt{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10}}}{2}$$

$$\alpha = e^c + 1$$

$$\beta = e^c - 1$$

$$\sigma = 2b + x_0 - 1$$

Punto crítico 1

$$x^{*11} = \frac{be^c (bx_0 + e^c - x_0 \alpha) + \frac{1}{2} (e^c b r_1 (b - 1) + b^2 e^{2c} (x_0 - 1) + x_0 (b^2 + e^{2c}) - e^{2c}) - \theta}{b^2 (x_0 \alpha^2 - e^c \alpha) + e^c (2bx_0 \beta + (e^c \sigma + b))}$$

$$x^{*12} = \frac{be^c (bx_0 + e^c - x_0\alpha) + \frac{1}{2} (e^c br_1 (b - 1) + b^2 e^{2c} (x_0 - 1) + x_0 (b^2 + e^{2c}) - e^{2c}) + \theta}{b^2 (x_0\alpha^2 - e^c\alpha) + e^c (2bx_0\beta + (e^c\sigma + b))}$$

Punto crítico 2

$$x^{*21} = \frac{be^c (bx_0 + e^c - x_0\alpha) + \frac{1}{2} (e^c br_1 (b - 1) + b^2 e^{2c} (x_0 - 1) + x_0 (b^2 + e^{2c}) - e^{2c}) + \theta}{b^2 (x_0\alpha^2 - e^c\alpha) + e^c (2bx_0\beta + (e^c\sigma + b))}$$

$$x^{*22} = \frac{be^c (bx_0 + e^c - x_0\alpha) + \frac{1}{2} (e^c br_1 (b - 1) + b^2 e^{2c} (x_0 - 1) + x_0 (b^2 + e^{2c}) - e^{2c}) - 2\theta}{2r_1 (b^2 (x_0\alpha^2 - e^c\alpha) + e^c (2bx_0\beta + (e^c\sigma + b)))}$$

Retomando el ejemplo 3.0.1 haciendo $b = \frac{1}{4}$ aparecen dos puntos críticos:

$$x^* = (0.30917, 0.12981)$$

$$x^* = (1.81006, -2.91887)$$

Evaluando el jacobiano y obteniendo los eigenvalores se tiene:

$$\Lambda_1 = \begin{bmatrix} -0.2 \\ -0.27842 \end{bmatrix} \quad \Lambda_2 = \begin{bmatrix} -0.2 \\ -0.29364 \end{bmatrix}$$

Respectivamente; como los eigenvalores tienen todos signo negativo, se tiene un pozo para cada caso.

Si $\mathbf{b} = \mathbf{0}$, $\lambda = 0$, $c \neq 0$ (Modelo condicionado y sesgado al máximo.)

Si pensamos en una situación donde el sesgo afecte completamente a las mujeres, se tiene $b=0$ entonces de la ecuación (3.8) la fracción de mujeres promovidas será 0, por lo que el sistema 3.0.2 pasa a ser:

$$\frac{d(x_j)}{dt} = -R_j x_j \quad \text{para } 1 \leq j \leq L \quad (3.11)$$

Igualando con cero el sistema de ecuaciones 3.11, tenemos que los puntos críticos serán sólo donde $x_j = 0$, ya que, el modelo asume que siempre existe una tasa de retiro ($R_j > 0$), sólo depende de x_j . La matriz jacobiano será de la forma:

$$J = \begin{pmatrix} -R_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -R_2 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & -R_L \end{pmatrix} \quad (3.12)$$

Por lo que los eigenvalores que se tienen en esta situación son todos de la forma:

$$\Lambda = -R_j \quad \text{para } 1 \leq j \leq L$$

Es de notar que los eigenvalores dependen de la tasa de retiro, por lo que si se tiene la misma tasa para todos los niveles, es decir, $R_1 = R_2 = \dots = R_j$, entonces sólo se tendrá un eigenvalor repetido L veces. Aunque en la vida real es difícil que esto ocurra, en el aspecto matemático esto indicaría un sistema absolutamente estable, ya que todas las trayectorias se dirigen al punto crítico con forme $t \rightarrow \infty$.

Si $b = \frac{1}{2}$, $\lambda \neq 0$, $c \neq 0$ (**Modelo condicionado y homofílico.**)

Para este caso, la ecuación 3.1 mantiene su forma, mientras que el inexistente sesgo afecta la forma de la fracción de mujeres, entonces, con $b = \frac{1}{2}$ se tiene:

$$f(u, v, c, 1/2) = \frac{\frac{1}{2}v \frac{1}{e^{c-\lambda(u-v)}+1}}{\frac{1}{2}v \frac{1}{e^{c-\lambda(u-v)}+1} + \left(1 - \frac{1}{2}\right) (1-v) \frac{e^{c-\lambda(u-v)}}{e^{c-\lambda(u-v)}+1}}$$

Factorizando $\frac{1}{2}$:

$$f(u, v, c) = \frac{v \frac{1}{e^{c-\lambda(u-v)}+1}}{v \frac{1}{e^{c-\lambda(u-v)}+1} + (1-v) \frac{e^{c-\lambda(u-v)}}{e^{c-\lambda(u-v)}+1}}$$

Factorizarizando $\frac{1}{e^{c-\lambda(u-v)}+1}$, se tiene:

$$f(u, v, c) = \frac{v}{v + (1-v) e^{-\lambda(u-v)+c}} \quad (3.13)$$

Entonces el sistema de ecuaciones que se obtiene es:

$$\frac{d(x_1)}{dt} = R_1 ((1 + r_1) f(x_1, x_0, c) - x_1 - r_1 f(x_2, x_1, c))$$

$$\frac{d(x_j)}{dt} = R_j ((1 + r_j) f(x_j, x_{j-1}, c) - x_j - r_j f(x_{j+1}, x_j, c)) \quad \text{para } 1 \leq j \leq L \quad (3.14)$$

$$\frac{d(x_L)}{dt} = R_L (f(x_L, x_{L-1}, c) - x_L)$$

Dado que el sistema se va volviendo más complejo, el análisis aplicado será de forma numérica, expandiendo el ejemplo 3.0.1 para $L=3$,

Si $b \in (0, \frac{1}{2})$, $\lambda \neq 0$, $c \neq 0$ (**Modelo condicionado, sesgado y homofílico.**)

Cuando los parámetros homofilia, sesgo y condición se configuran de tal forma que $b \neq \frac{1}{2}$, $\lambda \neq 0$, $c \neq 0$, el caso de estudio adquiere mayor complejidad comparado con los presentados en páginas anteriores, por ello, aquí sólo mostramos el sistema de ecuaciones final, que se obtuvo de forma análoga a los casos anteriores:

$$\begin{aligned} \frac{d(x_1)}{dt} &= R_1 ((1 + r_1) f(x_1, x_0, c; b) - x_1 - r_1 f(x_2, x_1, c; b)) \\ \frac{d(x_j)}{dt} &= R_j ((1 + r_j) f(x_j, x_{j-1}, c; b) - x_j - r_j f(x_{j+1}, x_j, c; b)) \quad \text{para } 1 \leq j \leq L \\ \frac{d(x_L)}{dt} &= R_L (f(x_L, x_{L-1}, c; b) - x_L) \end{aligned}$$

Este modelo será estudiado en la sección 4.5, simulando y analizando casos particulares derivados de una de las áreas profesionales de estudio.

Capítulo 4

Resultados y análisis

Sobre la base de datos.

El grupo de Clifton et al. recopiló series de tiempo ¹ (de por lo menos, diez años ²) que representan la proporción de mujeres en distintos niveles jerárquicos (por ejemplo, Undergrad, Grad, Postdoc, Tenure track, Tenured). Esto lo hicieron para 16 jerarquías profesionales, entre ellas se encuentran áreas como: periodismo, leyes, matemáticas, enfermería y cine, entre otras.

Definieron una estructura jerárquica, la cual, determina el número de niveles L :

$$Undergrad \rightarrow Grad \rightarrow Postdoc \rightarrow Tenuretrack \rightarrow Tenured$$

Para definir el tamaño relativo del nivel N_j a través del tiempo, observaron en las series de tiempo que, el tamaño no sufría cambios relevantes. Por otro lado, cuando no disponían de esta información, hicieron conjeturas. Con ello estimaron N_j normalizando el nivel superior (N_L).

En cuando a la tasa anual de retiro R_j en cada nivel, al no haber información estadística disponible, calcularon los parámetros basándose en el tiempo previsto de permanencia en cada nivel. Mencionan que, la mayoría de las licenciaturas se completan en cuatro años, y

¹Se pueden consultar los archivos excel así como el código proporcionado para matlab en: <https://doi.org/10.21985/N2QF28>

²Para aquellas áreas donde faltaban años, usaron interpolación lineal, mientras que, para los datos que se encontraban en gráficos usaron WebPlotDigitizer para extraer la información.

pocas licenciadas ingresan a estudios de doctorado, por lo que, la estimación inicial es de 0.25, representando así, la cuarta parte de licenciadas que abandonan la universidad cada año, sin lograr ascender en la jerarquía.

Para integrar los datos al modelo, realizaron un ajuste que minimiza el error cuadrático entre los datos y las predicciones del modelo. Usaron el algoritmo Nelder-Mead para encontrar los mejores valores del sesgo (b), la homofilia (λ), la tasa de retiro (R_j) y el tamaño relativo de personas en cada nivel (R_j). Aunado a esto, aplicaron ajustes iterativos con múltiples “semillas” iniciales (condiciones iniciales) para evitar mínimos locales. Cabe recalcar que, este ajuste lo llevaron a cabo en el lenguaje de Matlab, cuyo código se encuentra y puede ser consultado en la misma liga que proporciona su base de datos.

4.1. Validando el modelo.

Con la base de datos proporcionada por el grupo de Clifton et.al, probamos el desempeño del código que desarrollamos en el lenguaje de programación Python (cuyo código se encuentra en el apéndice A.0.3 junto con una breve descripción de lo que realiza, así como la diferencia sustancial con el código de Clifton et.al). Para el análisis, resulta pertinente contextualizar la información que se tiene, es decir, este ajuste aplica para esta base de datos en particular, pero podría variar para datos de otras regiones.

Realizamos el ajuste de los parámetros b y λ tanto con el código original en Matlab, como con el nuestro en Python, con el fin de comparar los errores de ajuste; los cuales aparecen en la tabla 4.1. Cabe aclarar que en esta sección se presentan exclusivamente los resultados del ajuste de los parámetros λ , b y c . Los ajustes para N_i , R_i pueden revisarse en el apéndice, en particular las secciones B.1 y B.2.

En la tabla 4.2 el parámetro c , interpretado como un índice de la condición estructural que enfrenta la mujer para avanzar jerárquicamente, toma valores en un rango amplio, desde -5 hasta 8. Para obtener estos resultados aplicamos una serie de “filtros” metodológicos. Primero, permitimos que c tomara valores aleatorios sin restricciones (a diferencia de b y λ , cuyas restricciones son (0,1) y (0,9) respectivamente). Los valores iniciales considerados incluyeron $c \in (0, 0.1, 0.2, \dots, 1)$ y $c \in (1, 2, \dots, 50)$. Posteriormente, restringimos el rango

a $c \in (-5, 8)$, tras observar que en dicho intervalo se encontraban los mínimos errores cuadráticos medios (MSE). El ajuste mejoraba en varias disciplinas cuando se consideraban valores negativos para c , lo que sugiere que, en ciertos casos, la condición estructural puede ser incluso “favorable” para las mujeres (una hipótesis que, como se discutirá más adelante, debe interpretarse con cautela). Los resultados de dicho ajuste se muestran en la tabla 4.2.

Tabla 4.1: Tabla de error cuadrático medio obtenido con el código creado por nosotros (Python) y el de Clifton et al. (Matlab)

Área	MSE Python	MSE Matlab
Práctica médica	0.0011	0.0000
Leyes	0.0002	0.0001
Psicología	0.0003	0.0004
Medicina (Academia)	0.0001	0.0001
Computación*	0.0018	0.0015
Biología (Academia)	0.0002	0.0002
Física	0.0012	0.0001
Enfermería	0.0002	0.0001
Ingeniería* (Academia)	0.0005	0.0004
Ciencias básicas médicas (académico)	0.0002	0.0002
Periodismo	0.0000	0.0000
Medicina académica (clínica)	0.0001	0.0001
Política*	0.0003	0.0002
Práctica de la ingeniería	0.0001	0.0000
Matemáticas	0.0008	0.0003

En la tabla 4.1 marcamos con * aquellas áreas donde los datos mostraban una cantidad de cero para la fracción de mujeres. Los datos fueron redondeados a cuatro decimales con el fin de hacer los resultados más digeribles; la columna *MSE Python* hace referencia al error obtenido con nuestro código, mientras que *MSE Matlab* refiere al modelo original de Clifton et al. Cabe destacar que en disciplinas como Psicología y Biología nuestro modelo arrojó errores menores, lo que sugiere un mejor desempeño de nuestra propuesta para estas áreas.

Tabla 4.2: Ajuste de parámetros realizado con nuestro código

N	Área	b	l	c
3	Práctica médica	0.3968	2.9998	-5.0000
3	Leyes	0.4610	3.0002	-4.9993
5	Psicología	0.8222	2.9457	-4.1288
5	Medicina (Academia)	0.5055	3.0008	-1.9977
5	Computación*	0.4024	6.8308	-1.6449
5	Biología (Academia)	0.5488	2.9758	-0.0266
6	Física	0.4699	3.0789	0.1097
3	Enfermería	0.4228	3.2027	2.0805
5	Ingeniería* (Academia)	0.6395	3.3559	2.8239
4	Ciencias básicas médicas (academia)	0.5408	0.8851	3.7311
3	Periodismo	0.4937	1.8979	3.9942
5	Medicina académica (clínica)	0.4816	0.9192	4.0036
3	Política*	0.5879	2.6609	5.9968
2	Práctica Ingeniería	0.5591	2.8561	5.9986
5	Matemáticas	0.4996	2.3885	7.9994
	Promedio	0.5221	2.8666	1.2627

En cuanto a la tabla 4.2, presenta el ajuste de los tres parámetros clave del modelo para cada una de las áreas analizadas: el sesgo (b), la homofilia (λ) y la condición (c). Cada fila corresponde a una disciplina o sector profesional específico, el ajuste fue realizado con base en datos empíricos que alimentan la simulación. La columna N indica el nivel de cada jerarquía. Entre los resultados destacables, se observa que disciplinas como Periodismo, Política y Matemáticas exhiben una condición alta, lo cual puede considerarse como contextos donde la condición de la mujer impone mayores restricciones. Por el contrario, disciplinas como Leyes, Psicología o Práctica Médica, muestran valores negativos de c , lo cual sugiere un entorno relativamente más favorable para el ascenso de mujeres, o bien, una menor penalización estructural que se traduce en la disminución de la auto-exclusión. Se sabe que las áreas CTIM suelen tener poca cantidad de mujeres en comparación con la de hombres, así, comparando la c de Matemáticas contra la de Psicología vemos que la variable logra capturar esta relación; en cuanto al sesgo y la homofilia, en Psicología el sesgo favorece mayormente a las mujeres, mientras que en Matemáticas es casi inexistente; sin embargo, la variable λ logra impactar mayormente en Psicología que en Matemáticas. Esta comparación resulta útil dado que para ambas áreas los datos corresponden a cinco

niveles. El promedio general de los parámetros, presentado en la última fila, proporciona una referencia del comportamiento típico del modelo a lo largo de todas las áreas: un sesgo moderado ($b \approx 0.52$), una homofilia cercana a 3 ($\lambda \approx 2.87$) y una condición ligeramente positiva ($c \approx 1.26$).

La variable c , que modela la condición de la mujer, muestra una variabilidad importante entre disciplinas. Esta dispersión sugiere que la condición no es un fenómeno homogéneo, sino que depende en buena medida del tipo de campo profesional. Valores negativos de c , podrían interpretarse no como una “ventaja” femenina, sino como una menor penalización estructural, o incluso una neutralización de los factores considerados. También podría reflejar otras variables estructurales, como el número de niveles jerárquicos o la composición inicial de la situación. Valores altos de c , parecen reflejar una acumulación de barreras que dificultan el ascenso de las mujeres. Sería útil matizar que c no es una medida directa de discriminación, sino de condicionamiento sistémico, lo que permite distinguir entre barreras estructurales, sesgos culturales y efectos de homofilia. Una interpretación responsable debe considerar esto y evitar afirmaciones simplistas.

Para facilitar la interpretación, agrupamos las áreas en terciles según el valor de c :

Tercil Bajo ($c < 0$): Áreas donde se presenta una condición favorable para las mujeres, de tal forma que buscará abrirse paso en la jerarquía académica y laboral. Esta incluye: Práctica médica, Leyes, Psicología, Medicina (enfoque académico), Computación y Biología (enfoque académico).

Tercil Medio ($0 \leq c < 4$): Áreas donde la condición de la mujer se encuentra en un nivel medio, quizá se encuentre en un contexto que la hace detenerse a avanzar en la jerarquía. Incluye: Física, Enfermería, Ingeniería (enfoque académico) y Ciencias médicas básicas (enfoque académico).

Tercil Alto ($c \geq 4$): Áreas donde se tiene una alta condición para las mujeres, las circunstancias la llevan a una rechazar la idea de postularse a una vacante ³. Incluye: Periodismo, Medicina clínica (enfoque académico), Política*, Práctica en Ingeniería, y Matemáticas.

³Para este tercil consideramos que si bien algunas de éstas áreas pueden haber incorporado ya una política de inclusión, los datos sugieren que esas medidas no han logrado impactar significativamente.

Esta división en terciles nos permite entender que las diferencias entre disciplinas no sólo están relacionadas con el sesgo o la homofilia, sino con una estructura sistemática más profunda que el modelo logra captar a través de c .

Analicemos ahora las áreas de Ingeniería y Enfermería (considerada una profesión feminizada) cuyos datos hemos representado en las figuras 4.1 y 4.2, respectivamente. A partir del ajuste que realizamos con el código de Clifton et al., donde sólo se tiene la homofilia (λ) y sesgo (b) rescatamos que este último favorece a la mujer en Ingeniería, mientras que favorece a los hombres en Enfermería. Por otro lado, la homofilia es mayor en Enfermería, pero ciertamente ambas áreas muestran una homofilia fuerte. Para ser más claros, ambos valores de homofilia rebasan la media. Mantengamos esta idea en mente.

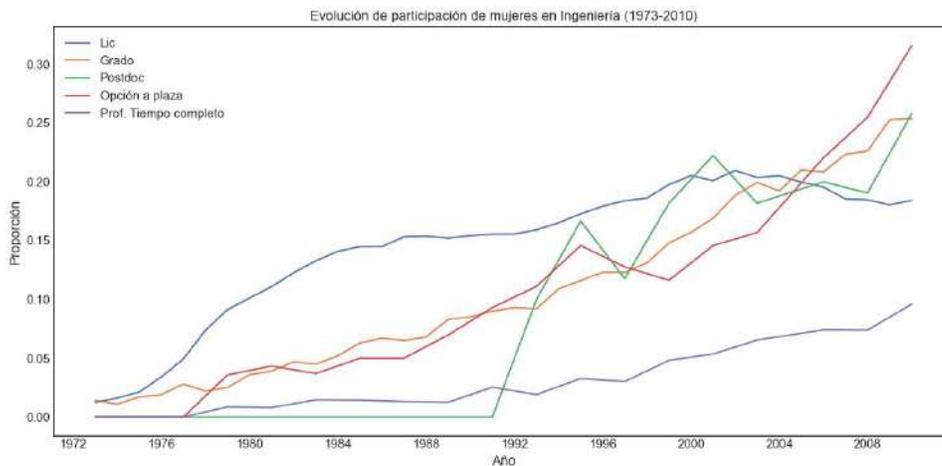


Figura 4.1: Serie de tiempo de la participación femenina en Ingeniería, datos de 1972 a 2008. Imagen propia.

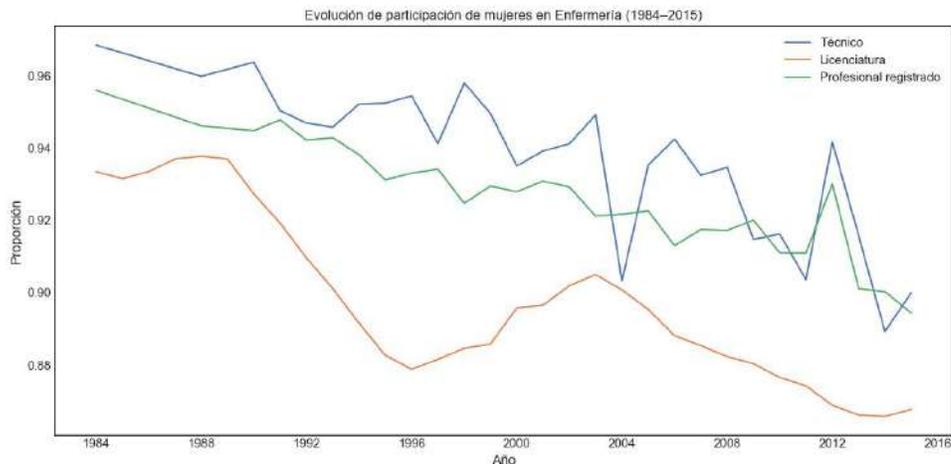


Figura 4.2: Serie de tiempo de la participación femenina en Enfermería, datos de 1984 a 2016. Imagen propia.

Podemos notar que la presencia de mujeres en Ingeniería, para Postdoc, Opción a plaza (OP) y Tiempo completo (TC) es nula desde 1973 hasta 1977, sin embargo, a partir de 1978 empieza a mostrarse una pequeña fracción de mujeres en OP y TC. Si la homofilia fuese la única variable que actuara como incentivo para insertarse en niveles más altos, no aparecería esta fracción de mujeres en dichos años. Debe existir otra variable que recupere esa información que da respuesta a cómo se insertaron esas mujeres en los niveles más altos, OP y Tiempo completo, una variable que logre capturar el comportamiento de estas mujeres que buscan acudir a esos niveles de Ingeniería.

Consideremos ahora nuestro ajuste, para ello observamos la tabla 4.2, nuevamente las áreas de Enfermería e Ingeniería. Para la primera se encuentra una condición ligeramente menor a la de Ingeniería, por lo que se puede decir que la probabilidad de que una mujer desee escalar jerárquicamente en Enfermería será ligeramente mayor a la Ingeniería; es de notar que en Enfermería el sesgo favorece mayormente a los hombres, contrario a Ingeniería donde favorece mayormente a las mujeres, concordando con el comportamiento obtenido por Clifton et al.; en cuanto a la homofilia, es ligeramente mayor en Ingeniería que en Enfermería, este resultado es en esencia diferente al de Clifton, indicando que la presencia o ausencia de mujeres en niveles superiores tiene un mayor impacto en Ingeniería.

Con estas observaciones resulta pertinente preguntarse ¿por qué el aumento en la inserción de mujeres para el nivel postdoctoral en Ingeniería es tan lento (incluso después

de 1978, pese a que ya se observa la presencia de mujeres en niveles superiores), si tanto la homofilia como el sesgo las favorecen? Una posible respuesta radica en el tipo de interacción entre variables: pese a que el sesgo puede actuar a su favor, la condición (c) tiene un efecto más determinante. Esto coincide con resultados cualitativos [1] donde se señala el conflicto latente de intentar conciliar el trabajo de cuidados con el científico-académico.

No podemos dejar pasar el importante hecho de que, para estos datos, el área de Ingeniería contempla cinco niveles, los cuales incluyen una visión académica, y es de hecho, al brincar del posgrado al postdoc donde se observa ese cambio abrupto; en cuanto a Enfermería, sólo se contemplan tres niveles, siendo notable también la importancia de la cantidad de niveles. Así, se ve reforzada la teoría de que la variable c capta esa condición mencionada al inicio de este estudio, y donde, innegablemente, se pueden considerar los resultados referidos.

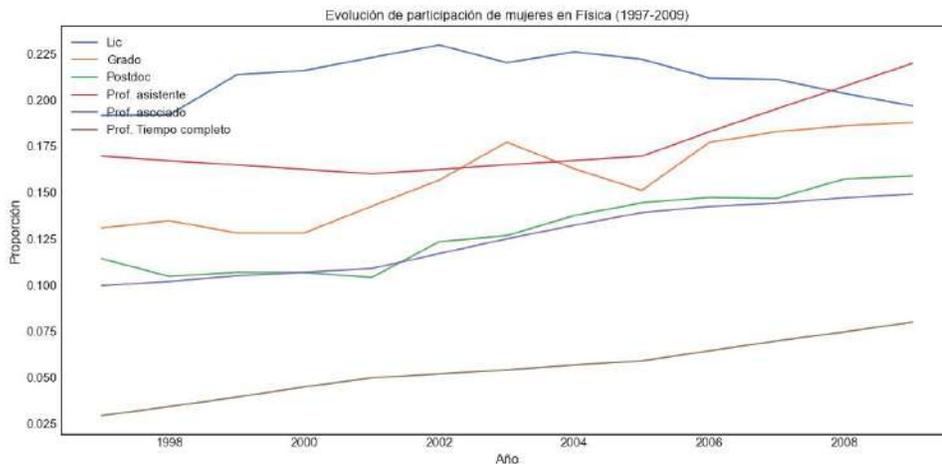


Figura 4.3: Serie de tiempo de la participación femenina en Física, datos de 1997 hasta 2009. Imagen propia.

En términos del margen temporal, como se comentó anteriormente, no se puede dejar de lado que es un aspecto importante, pues siguiendo con la tabla 4.2, para el área de Física se tiene una condición de $c=0.1097$ contra la de Ingeniería que es de $c=2.8239$. En base al análisis hecho hasta este momento, podría decirse que es una discrepancia, puesto que los datos de Física también incluyen un aspecto académico y de hecho, es de seis niveles. Para atender esta particularidad, tomemos la figura 4.3 que contiene datos de Física a partir del año 1997 y hasta 2009; al compararla contra la figura 4.1 con datos en el mismo periodo,

podemos ver que no existe gran diferencia entre cada entrada, así que, podemos atribuir la diferencia en el parámetro c a la cantidad de datos totales que se tienen para cada área. Dicho de otra forma, Ingeniería y Física deberían presentar una c si bien no igual, sí con menos diferencia entre una y otra, pero debido a que para la primera se cuentan con 38 datos y para la segunda sólo con 14, la c de Física se ha ajustado en un contexto menor al de Ingeniería. La discrepancia entre las c 's de Ingeniería y Física sólo nos recuerda la importancia y los límites encontrados en las bases de datos, la recolección de éstos y la necesidad de incluir los contextos en los casos de estudio.

4.1.1. Simulación.

A continuación, presentamos la simulación de la evolución de la participación femenina en distintas áreas, con base en el modelo implementado en Python y ajustado con los parámetros óptimos. Se incluyen los casos de Enfermería (figura 4.4), Ingeniería (figura 4.5), Física (figura 4.6), Psicología (4.7) y Biología (4.8).

Enfermería

La gráfica muestra la evolución y simulación de la fracción de mujeres en tres niveles: Técnico, Licenciatura y Profesional, desde 1975 hasta 2045. Los tres niveles parten de una participación femenina mayor al 90%; en el primer nivel, se muestra una tendencia al alza, mientras que al avanzar al segundo y tercero, la tendencia es a la baja, lo que indica que las mujeres no están escalando en la jerarquía, pese a que sí se incorporan nuevas al primer nivel. Con el paso del tiempo se mantendrá (incluso aumentará) la feminización del área. De lo que concluimos que, en áreas feminizadas la presencia de mujeres no implica su presencia en niveles superiores. Desde el enfoque económico, si bien se puede invertir en capital humano, no se traduce directamente en movilidad ascendente para las mujeres.

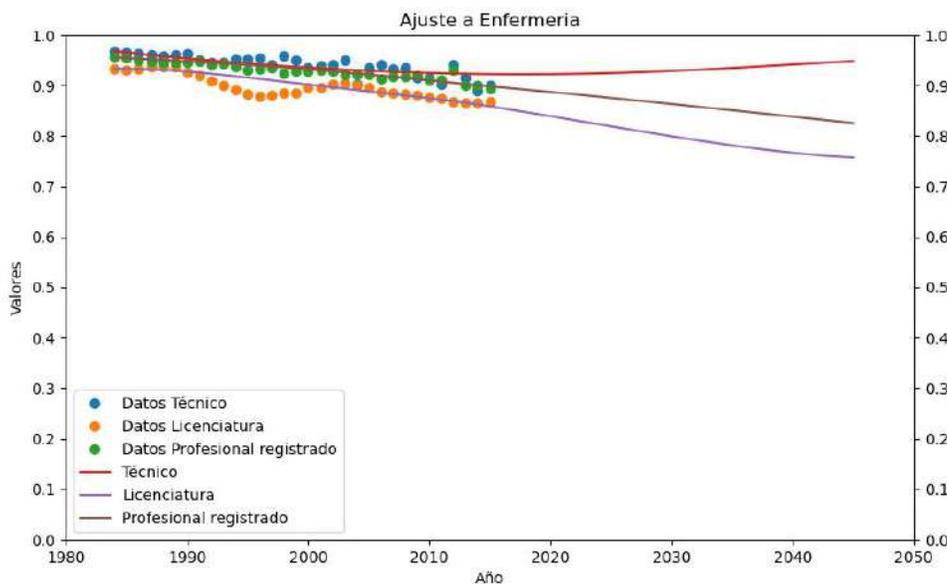


Figura 4.4: Gráfica de datos y simulación correspondiente a la fracción de mujeres en Enfermería. Imagen propia.

Ingeniería

En esta área, contamos con datos que van desde el año 1973 hasta el 2010; pese a que los datos iniciales son menores al 20 %, observamos una tendencia al alza en la participación de mujeres. Para los cuatro primeros niveles se proyecta un incremento importante, no obstante, para el nivel más alto (Tiempo completo), se tiene un estancamiento del 10 %. Pese a que existe un crecimiento en la formación, las mujeres no logran acceder a posiciones permanentes o de mayor poder académico. Esto nos indica que aún cuando se logra el acceso de mujeres a áreas que históricamente han sido masculizadas, la condición de la mujer limita su progreso. El bajo incremento en “Tiempo completo” refleja que mayor educación, no necesariamente se traduce en movilidad.

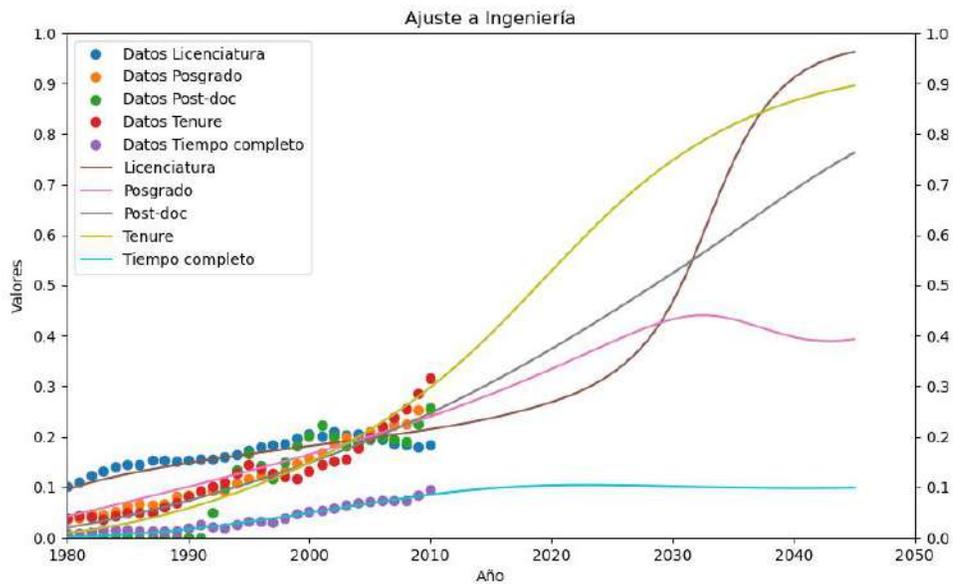


Figura 4.5: Gráfica de datos y simulación correspondiente a la fracción de mujeres en Ingeniería. Imagen propia.

Física

En la figura 4.6 presentamos los datos de Física, que abarcan desde el año 1997 hasta 2009; podemos observar que también se presenta una tendencia a la alza, sin embargo el ritmo es mucho menor comparado con el de Ingeniería, lo que indica que la incorporación de mujeres enfrenta más dificultades. Es importante tener presente que en este caso se tienen seis niveles, lo que puede dificultar aún más el ascenso hasta el último, y de hecho, los últimos niveles (Plaza y Tiempo completo) presentan trayectorias más bajas. Comparado con Ingeniería, el crecimiento de la participación femenina es menor, pero la condición de la mujer (c) es más alta en Ingeniería; como comentamos en las páginas anteriores, esto puede deberse a la poca información que logra recolectarse con una base de datos limitada.

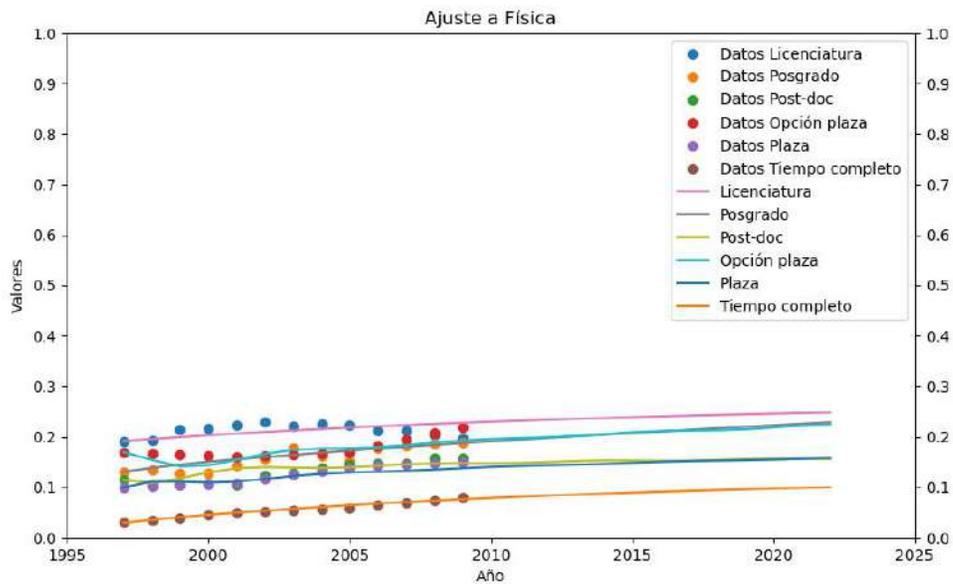


Figura 4.6: Gráfica de datos y simulación correspondiente a la fracción de mujeres en Física. Imagen propia.

Psicología

El área de psicología presenta datos que van desde 1985 hasta 2014; a lo largo de este periodo observamos un incremento importante en la incorporación de mujeres en los distintos niveles; a lo largo de treinta años la representación de mujeres crece, especialmente en los últimos dos niveles (Profesor asociado y Tiempo completo), mientras que, para el nivel Licenciatura se estabiliza después de los primeros quince años. Recordemos que para el área de psicología se tiene una $c=-4.1288$, además de un sesgo que favorece mayormente a la mujer, lo que se ve reflejado directamente en la gráfica. La cantidad de mujeres presente en cada área a partir del Posgrado están por debajo del 50%, contrario a lo que se observaba en Enfermería, sin embargo, para este caso las mujeres logran llegar en mayor medida al nivel Tiempo completo, incluso considerando que la jerarquía es de seis niveles.

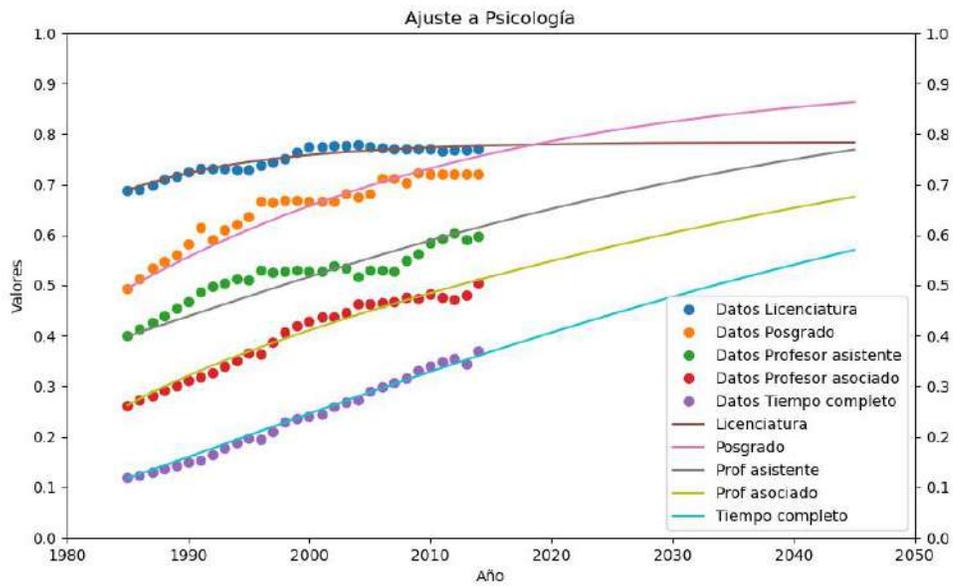


Figura 4.7: Gráfica de datos y simulación correspondiente a la fracción de mujeres en Psicología. Imagen propia.

Biología

En cuanto al área de Biología, tenemos datos desde 1994 hasta 2010, y corresponden a una jerarquía de cinco niveles. En este caso los niveles Posgrado, Opción a plaza y Plaza (que corresponden al nivel dos, tres y cinco, respectivamente) crecen más que Licenciatura y Postdoc, lo que podría indicar una incorporación de alguna otra área a los niveles tres y cinco. Nuevamente, remitiéndonos a la tabla de ajustes 4.2 la variable c asociada se encuentra por debajo del cero.

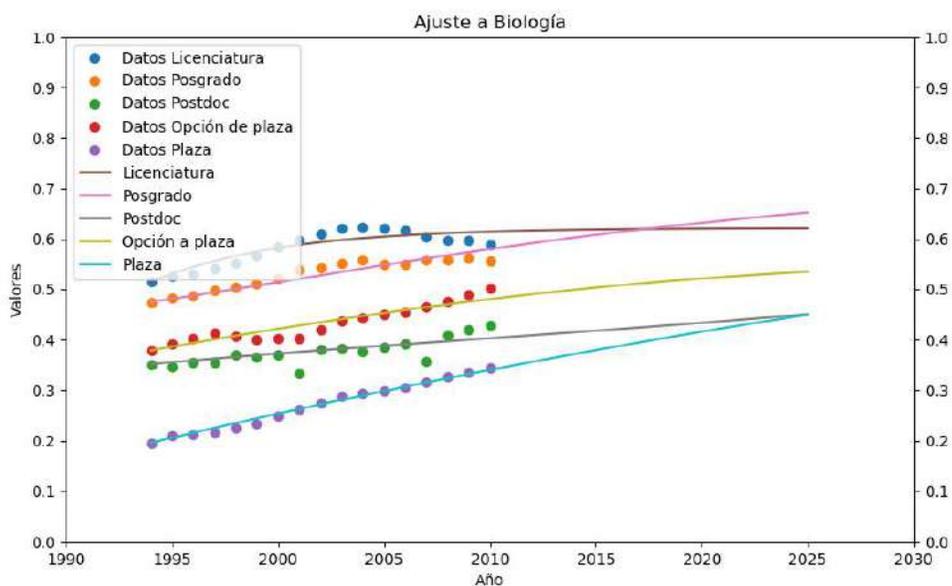


Figura 4.8: Gráfica de datos y simulación correspondiente a la fracción de mujeres en Biología. Imagen propia.

La equidad no puede medirse por el acceso o la representación femenina, sino por la transformación de las estructuras que perpetúan desigualdades. La movilidad ocupacional de la mujer no depende solo de su inserción en el mercado laboral, sino de las condiciones bajo las que transitan: sus posibilidades de ascenso, reconocimiento y autonomía. El caso de enfermería ilustra cómo, aún en espacios feminizados, persisten dinámicas que limitan el desarrollo laboral de las mujeres. Sin una redistribución del trabajo de cuidados (tanto en el hogar como en los sectores laborales feminizados), y sin políticas que cuestionen y transformen las jerarquías de poder, no habrá movilidad ni equidad sustantiva para la mujer.

4.2. Modelo nulo condicionado.

El caso del nulo condicionado es una ampliación del modelo nulo de Clifton et al. supongamos una situación donde no existe homofilia ni sesgo hacia hombres o mujeres, únicamente lo que hemos llamado *condición*; podemos imaginar este escenario como aquél donde las entidades educativas, financiadoras o empleadores han recibido cierta capacitación para seleccionar personas sin importar su sexo, o bien una situación donde el sexo del postulante se desconoce, esto sería $b = \frac{1}{2}$; a su vez, la homofilia no influye en el postulante, es decir, sin importar la cantidad de hombres o mujeres, sigue estando dispuesto a postularse, esto es $\lambda = 0$. Finalmente, la condición es la única variable presente, que se manifiesta en las preferencias de la postulante, ya sea que le dé prioridad al tiempo de la jornada laboral, a las prestaciones, las expectativas sociales (si es un trabajo de riesgo, por ejemplo) e incluso a problemas familiares; situaciones que le sean desincentivas laborales, esto es $c \neq 0$, y se agravan al ser crecer c .

Así, el parámetro c varía de acuerdo a los valores mostrados en la tabla 4.2. Aplicando estos cambios, aparece sólo un punto crítico (en dos y tres niveles) $x^* = (0.5, 0.5)$ cuyos eigenvalores asociados son:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} -0.2 \\ -0.3731 \end{bmatrix}$$

por lo que la caracterización corresponde a un pozo (para todos los valores de c); el comportamiento de la evolución de la fracción de mujeres en el tiempo es el de la figura 2.3 y los diagramas de fase de dos y tres niveles corresponden a las figuras 2.4 y 2.5 respectivamente. Esto es, el sistema converge a la paridad, pues el efecto de la condición se ve contrarrestado por la nula existencia de sesgo y homofilia. Este escenario es relevante porque, al crecer positivamente el valor de c , estamos considerando una situación donde los incentivos por abandonar los puestos laborales son demasiados. Sin embargo, la estabilidad en la paridad indica que las vacantes serán ocupadas por otras mujeres, manteniendo la fracción $x_j = (0.5, 0.5)$.

La diferencia entre el modelo nulo y el condicionado radica en la probabilidad, al aumentar la condición la probabilidad disminuye, mientras que si disminuye la condición,

la probabilidad aumenta; así, estamos en una situación en la que, pese a que existan mujeres que se vean sumamente condicionadas a dejar los puestos laborales, en términos representativos la paridad existirá. La representación de esta situación se puede observar en la figura 4.9 para la evolución de la fracción de mujeres en cada nivel, así como la figura 4.10 para el diagrama fase. Desde cualquier cantidad de mujeres en los distintos niveles, el resultado es 50 % participación femenina en Licenciatura, 50 % en Grado y 50 % en Postdoc.

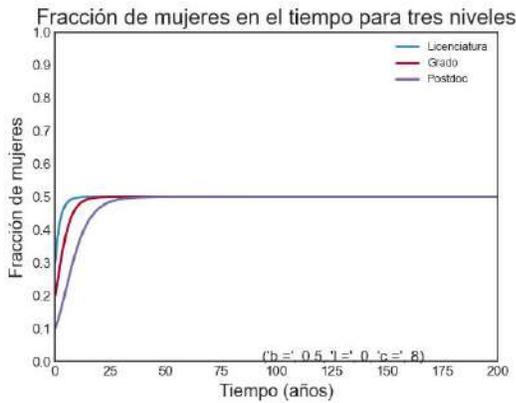


Figura 4.9: Evolución de la fracción de mujeres a lo largo de 200 años en tres niveles, para el modelo nulo condicionado. Imagen propia.

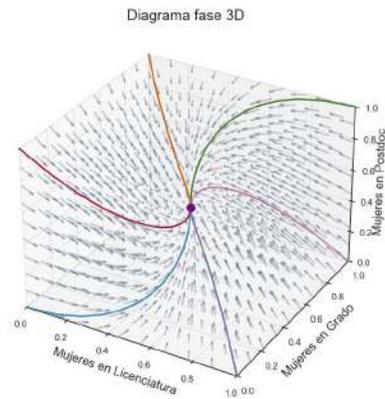


Figura 4.10: Diagrama fase de un sistema de tres niveles, para el modelo nulo condicionado. Imagen propia.

Este escenario evidentemente es una gran reducción de las variables, pues en la práctica, tanto la homofilia como el sesgo están presentes. Para algunos casos en menor cantidad, como se vió en la tabla 4.2, sin embargo, las características sociales de los seres humanos no han mostrado (al menos al margen de este estudio) una situación real de este tipo.

4.3. Condicionado y sesgado.

Ahora pensemos en una situación en la que, mantenemos la nula existencia de homofilia ($\lambda = 0$), pero ahora sí existe un sesgo $b = 0.35$, el cual favorece la promoción de hombres, con $N_i = 13, 8, 5$ y $R_i = 1/4, 1/5, 1/6$ se tiene la réplica del modelo original [10], que se muestra en la figura 2.6.

Condicionando el modelo.

Bajo estas condiciones, el punto crítico se desplaza, deja de ser $x^* = (0.5, 0.5)$, sin embargo se mantiene la existencia de un único punto. Al variar el condicionamiento del modelo (cambiar los valores de c) en seis niveles, la cantidad de mujeres en cada nivel crece ligeramente, comparada con la inicial, sin embargo no alcanza la paridad en ninguno, concluyendo que el sesgo es el parámetro más influyente.

En el caso de dos niveles (Licenciatura y Grado), cuando el sesgo favorece al sexo masculino se muestra que la fracción de mujeres en el Grado no crecerá; por el contrario, disminuye por debajo de la condición inicial (0.3) y permanece constante a lo largo del tiempo. La fracción de mujeres que se encuentre a nivel Licenciatura se mantendrá a lo largo del tiempo (0.4 en nuestro ejemplo). Este comportamiento es distinto al mostrado en la figura 2.6, donde la cantidad de mujeres en cada uno de los niveles, si bien no alcanzaba la paridad, sí que crecía un poco. El punto crítico en esta situación corresponde a $x^* = (0.3945, 0.2597)$ y al analizar el jacobiano se obtienen dos eigenvalores que toman los valores de:

$$\Lambda = \begin{pmatrix} -0.2 \\ -0.2512 \end{pmatrix}$$

como $\Lambda \in \mathbb{R}$, ambos eigenvalores son negativos y distintos entre sí, la caracterización corresponde a un nodo estable (pozo).

Por otro lado, a partir de tres niveles (Licenciatura, Grado y Postdoc) el comportamiento entre la evolución de mujeres que ocuparán la jerarquía académica correspondiente se hermana con el comportamiento de la figura 2.6 sin embargo, la fracción de mujeres en que aumenta es ligeramente menor, implicando que el sesgo de género afecta en mayor

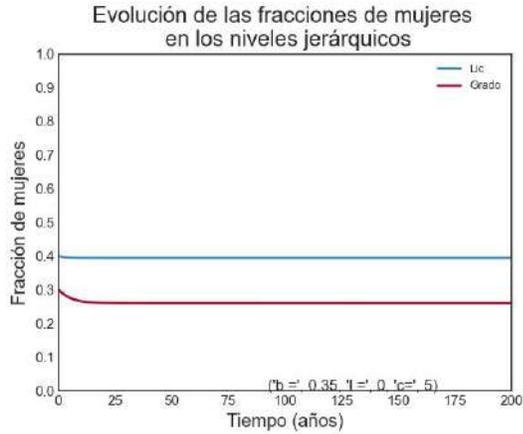


Figura 4.11: Evolución de fracción de mujeres a través del tiempo para dos niveles bajo la influencia de sesgo $b = 0.35$. Imagen propia.

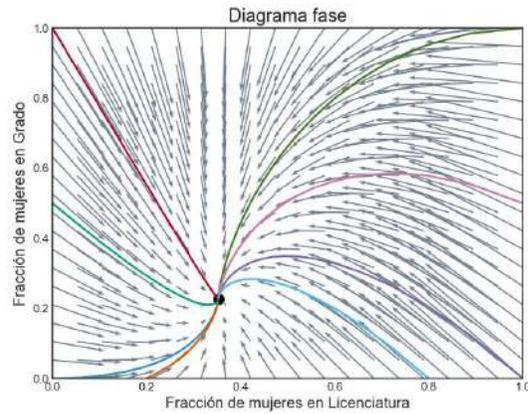


Figura 4.12: Diagrama fase correspondiente al sistema de dos niveles bajo la influencia de sesgo $b=0.35$. Imagen propia.

medida cuando la cantidad de niveles es menor. En efectos de la particularidad de la situación, el punto crítico encontrado corresponde a $x^* = (0.4088, 0.3109, 0.1954)$. Evaluando el jacobiano se obtienen eigenvalores negativos, concluyendo su caracterización de pozo. :

$$\Lambda = \begin{pmatrix} -0.1666 \\ -0.2764 \\ -0.4031 \end{pmatrix}$$

nuevamente tenemos $\Lambda \in \mathbb{R}$, con todos los eigenvalores negativos y distintos entre sí, concluyendo su caracterización como un nodo estable. Las figuras ilustrativas del comportamiento para tres niveles se pueden apreciar en las figuras IV.7 y IV.8.

Si bien la condición no modifica esta situación, sí lo hace la cantidad de niveles: aunque el sesgo se ha mantenido igual para los dos escenarios presentados, al aumentar los niveles de dos a tres, se muestra un ligero incremento en la fracción de mujeres en cada uno, a excepción del más alto. Comparando con el modelo de seis jerarquías de la figura 2.1 en el que la cantidad de mujeres crece aún más para los últimos niveles, notamos que el umbral a partir del cual se presenta este efecto es diferente. Debido a esto, probamos distintos valores de sesgo, intentando rescatar la diferencia:

- Para un modelo de 2 niveles, se necesita $b \geq 0.37$ para que la fracción de mujeres en

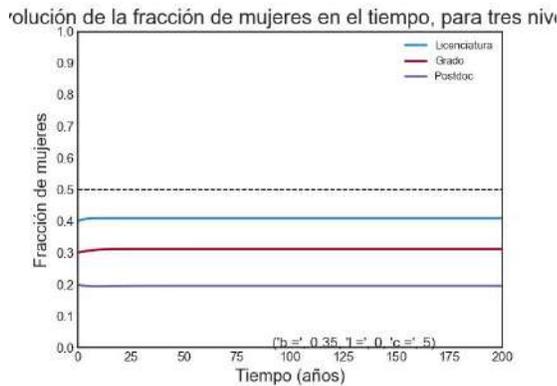


Figura 4.13: Evolución de fracción de mujeres a través del tiempo para tres niveles bajo la influencia de sesgo $b = 0.35$. Imagen propia.

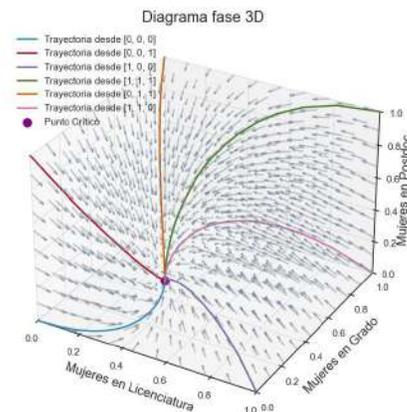


Figura 4.14: Diagrama fase correspondiente al sistema de tres niveles bajo la influencia de sesgo $b=0.35$. Imagen propia.

los niveles incrementemente.

- Para un modelo de 3 niveles, con $b \geq 0.35$ la fracción de mujeres crece.
- Para un modelo de 6 niveles, se necesita $b \geq 0.33$, para que la cantidad de mujeres crezca.

En pocas palabras, una mayor preferencia hacia los hombres impacta más fuertemente en sistemas de menor tamaño. A partir de ello, podemos concluir dos cosas. Primero: si el único factor en juego es el sesgo de los promotores, entonces, aunque no se logre la paridad, el aumento en el número de niveles dentro de jerarquías académicas y laborales tiende a incentivar una mayor presencia de mujeres en cada escalón. Segundo: al enfocarnos en los efectos del sesgo, es crucial contextualizar el problema; no se debe asumir que lo que resulta suficiente para un sistema de seis niveles lo será también para uno más pequeño.

Desde una perspectiva de políticas públicas, estos resultados sugieren que las intervenciones deben considerar no solo la eliminación de sesgos, sino también la estructura institucional en la que dichos sesgos operan. Reformar o rediseñar jerarquías demasiado compactas (como las que se encuentran en organizaciones pequeñas o rígidas) podría ser clave para facilitar una mayor inclusión de mujeres en espacios históricamente masculinizados.

Otro hallazgo relevante es que, si la homofilia es nula, esta condición no genera impacto alguno, de modo que el único factor que altera el escenario es el sesgo. Esto lleva a preguntarnos: ¿en qué contextos la homofilia podría dejar de jugar un papel importante? Es decir, ¿qué tipo de ambiente dominado por un sexo podría resultar atractivo para personas del sexo opuesto? Podríamos pensar, por ejemplo, en un entorno libre de acoso por parte del grupo dominante, donde prevalezca el respeto sobre una mentalidad de manada, y donde se sancionen comportamientos violentos hacia la minoría. También podría tratarse de un escenario donde las personas pertenecientes a la minoría se sientan genuinamente motivadas a colaborar y relacionarse con miembros del sexo opuesto.

Por último, en lo que respecta a los puntos críticos encontrados numéricamente al fijar $\lambda = 0$, se observa un único punto crítico para todo $b \in (0, \frac{1}{2})$ y todo $c \in [-5, 8]$. Este comportamiento refuerza la importancia de identificar umbrales de sensibilidad para orientar decisiones estratégicas o regulaciones específicas.

Sesgando el modelo al máximo ($b=0$).

Ahora, siguiendo con el ejemplo de un modelo condicionado, pensemos en una situación donde el sesgo favorece completamente a los hombres, es decir $b = 0$. Como explicamos en la sección 3.0.2, la fracción de mujeres promovidas es cero, así, el único punto crítico que se tiene es $x^* = (0, 0) \forall j$. Las imágenes de un sistema de dos niveles ⁴ se muestran en las figuras 4.15, 4.16:

⁴Para la creación de estas figuras hemos asignado $b=0.01$ para evitar valores Nan en el código.

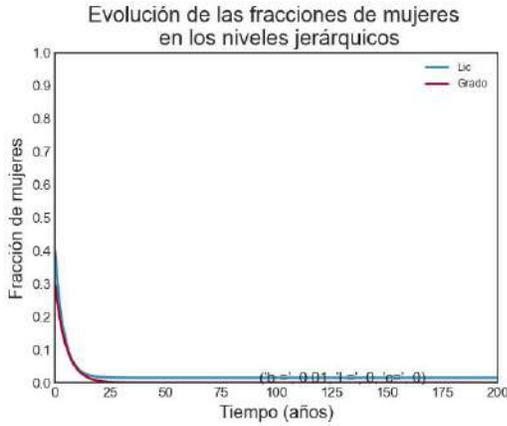


Figura 4.15: Evolución de fracción de mujeres en un sistema de dos niveles a través del tiempo cuando b tiende a 0. Imagen propia.

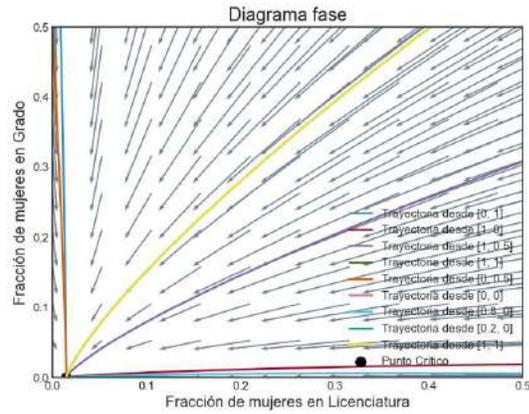


Figura 4.16: Diagrama fase correspondiente al sistema de dos niveles bajo un sesgo b que tiende a 0. Image propia.

Para este caso, las tasas de retiro son $R_i = \frac{1}{4}, \frac{1}{5}$, consecuentemente, los eigenvalores obtenidos son:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} -0.2499 \\ -0.1999 \end{bmatrix} \approx \Lambda = \begin{bmatrix} -0.25 \\ -0.2 \end{bmatrix}$$

Tanto por los eigenvalores del sistema como por el diagrama de fase, la caracterización del punto crítico $x^* = (0,0)$, es nodo atractivo, no presenta espirales ni bifurcaciones y es estable en el tiempo. En esta situación las mujeres representan esa tasa de retiro de cada nivel, sin volver a incorporarse; así, con un sesgo que favorece completamente a los hombres, para todo c y para cualesquiera condiciones iniciales, el sistema tenderá a expulsar a todas las mujeres.

4.4. Condicionado y homofílico.

Nos encontramos ante un escenario en que la proporción de personas del mismo sexo sí influye en la probabilidad de postularse a cualquier nivel jerárquico. Es decir, cuando $\lambda = 1, 2, \dots, 8$ la presencia mayoritaria de individuos del mismo sexo que la persona candidata afecta de manera significativa su decisión de aplicar. Además, la condición también desempeña un papel importante: ya sea porque el ascenso implique una mayor carga de trabajo en el aspecto físico y/o psicológico, porque la jornada laboral exija una mayor disponibilidad de tiempo, o porque limite el desarrollo de actividades personales, entre otros factores que pueden condicionar a las mujeres a desertar y/o no postularse a un nivel superior. Estos efectos están determinados por los valores del parámetro c , tal como se muestra en la tabla 4.2. En este escenario, se asume que no existe sesgo por parte de los promotores, es decir, $b = \frac{1}{2}$, y se mantienen los parámetros N_i y R_i usados en los ejemplos anteriores.

El análisis numérico revela que, haciendo $b = \frac{1}{2}$ y $\lambda \in [0, 2]$ se mantiene la existencia del punto crítico ($x^* = (0.5, 0, 5)$), el cual corresponde a un pozo; además, no se observa la existencia de otros puntos críticos. Empero, para $\lambda \geq 2.1$, efectuando los distintos valores de c , la dinámica cambia. En términos generales, para una condición negativa, la ausencia de sesgo y una homofilia moderada, la paridad será alcanzable en todos los niveles, mientras que, al aumentar la condición se presentan dos escenarios distintos que se ven determinados por las condiciones iniciales, por la cantidad de mujeres en cada nivel.

Para ejemplificar este comportamiento hemos agregado las figuras 4.17 y 4.18, donde primero tenemos una c que favorece a la mujer, es decir, el sistema ofrece todos los incentivos, oportunidades y apoyos necesarios para escalar en la jerarquía laboral o académica. Pero en cuanto esta c cambia (ya sea porque los apoyos le son retirados o alguna crisis la lleva a priorizar otros aspectos), al valor positivo, la evolución de la situación muestra que en algunos momentos se tendrá mayoría en cuanto a fracción femenina se refiere, pero al pasar el tiempo esta decaerá, para volver a aumentar posteriormente. Este escenario es útil para ilustrar que la ausencia de sesgo por parte de los promotores no es el único factor necesario para tener una mayoría representativa.

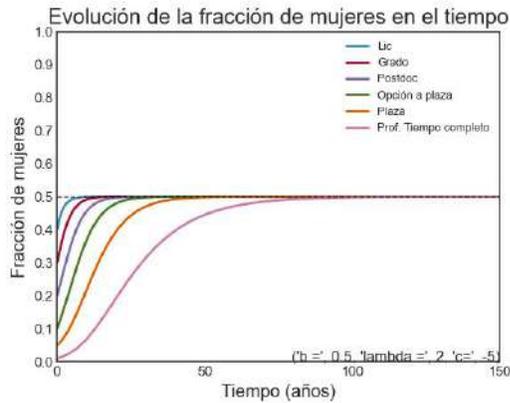


Figura 4.17: Modelo de la evolución de fracción de mujeres en el tiempo para seis niveles, con $\lambda = 2$ y $c = -5$. Imagen propia.

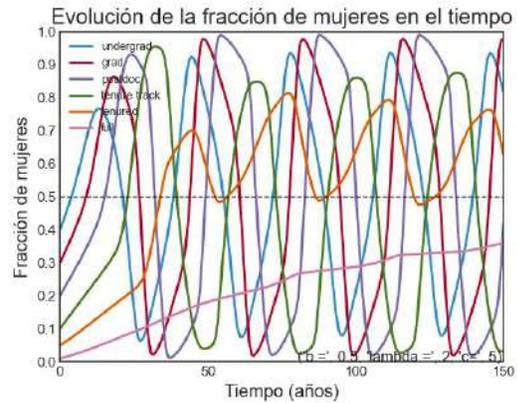


Figura 4.18: Modelo de la evolución de fracción de mujeres en el tiempo para seis niveles, con $\lambda = 2$ y $c = 5$. Imagen propia.

Los diagramas de fase correspondientes a dos y tres niveles se muestran en las figuras 4.19 y 4.20. Supongamos que partimos del punto (0,0,0) (cero mujeres en Licenciatura, cero mujeres en Grado y cero mujeres en Postdoc), el diagrama de tres niveles nos permite entender que, aún cuando no se vuelve al punto inicial, la mayoría femenina no se mantiene con el tiempo; este caso es relevante porque nos invita a repensar la consecuencias (o beneficios) de enfocarnos en una sola variable como lo es el sesgo.

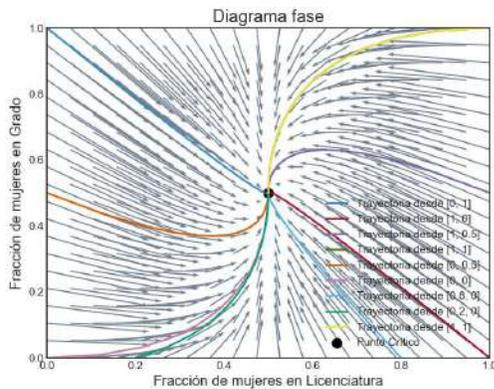


Figura 4.19: Diagrama de fase de un sistema de dos niveles, con $\lambda = 2$ y $c = -5$. Imagen propia.

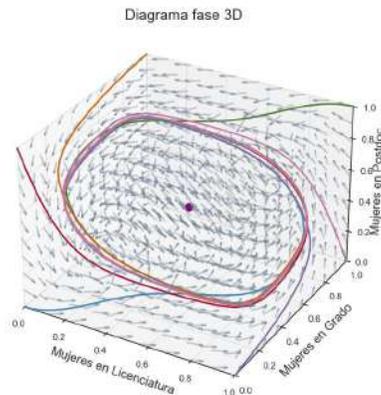


Figura 4.20: Diagrama de fase de un sistema de tres niveles, $\lambda = 2$ y $c = 5$. Imagen propia.

Para entender mejor los cambios producidos en la dinámica del sistema, al configurar

diversos escenarios, consideremos tener $b = \frac{1}{2}$, $\lambda = 2.5$ y $c \in [-5, 8]$. Como ya mencionamos, cuando c toma valores negativos, el sistema converge a la paridad, este comportamiento se mantiene hasta $c=0$. Al aplicar $c=1.5$, el modelo arroja dos puntos críticos, no obstante, mientras sigue creciendo c encontramos una marcada división del campo. Estos puntos crean un ciclo límite que se expande hacia fuera hasta que $c=2.2$. A partir de $c=2.5$ los puntos logran romper el ciclo límite (fig.4.22); continuarán separándose hasta colocarse uno en cada esquina, como se muestra en la figura 4.23.

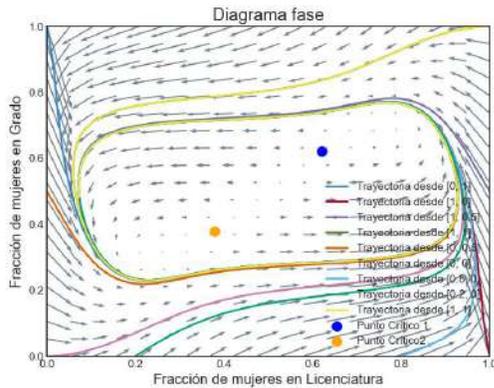


Figura 4.21: Diagrama fase para Lic y Grado con $\lambda = 2.5$ y $c = 1.5$, en ausencia de sesgo. Imagen propia.

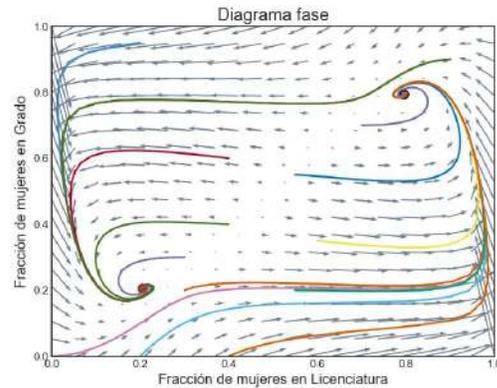


Figura 4.22: Diagrama fase para Lic y Grado con $\lambda = 2.5$ y $c = 2.5$, en ausencia de sesgo. Imagen propia.

Este cambio en el comportamiento nos advierte la importancia de considerar un problema de la mano del contexto. Si nos situamos en un escenario como el de la figura 4.23 con condiciones iniciales del tipo $(0.4, 0.6)$ (en Licenciatura dos quintas partes de alumnos son mujeres, mientras que en el Grado, tres quintas partes son mujeres) con el paso del tiempo la cantidad de mujeres en cada nivel habrá disminuido en más del 50%. Mientras que, si por el contrario, partimos de $(0.4, 0)$ con el paso del tiempo la ausencia de sesgo llevará a un incremento en la cantidad de mujeres de más del doble. En el segundo escenario la ausencia de sesgo favoreció la participación femenina, pese a que en un inicio no se tenía ninguna en el nivel superior, por el contrario, en la primer situación la ausencia de sesgo llevó a una disminución en la fracción de mujeres.

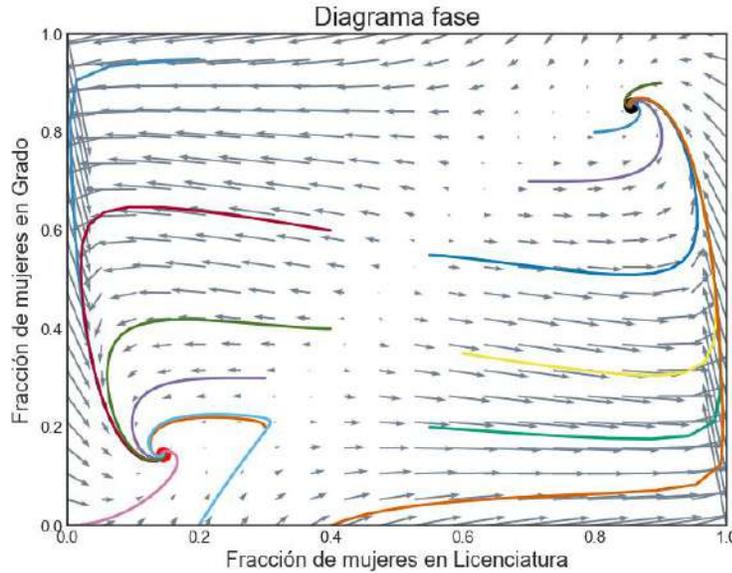


Figura 4.23: Diagrama fase para Lic y Grado con $\lambda = 2.5$ y $c = 8$, en ausencia de sesgo. Imagen propia.

Ahora pensemos en otro escenario: aumentemos la homofilia hasta $\lambda = 4.5$, manteniendo $b = \frac{1}{2}$ mientras que $c \in [-5, 8]$. Lo que observamos es que, mientras $c \in [-5, 0)$ el sistema nuevamente converge a la paridad, pero a partir de hacer $c \geq 0$ se crean tres puntos críticos (vea la figura 4.24), mientras uno corresponde a un punto silla, los otros dos se comportan como atractores. Siguiendo la línea de análisis planteada en párrafos anteriores, la importancia de las condiciones iniciales se mantiene. En esta situación, si a nivel Licenciatura y Grado partimos de $(0.4, 0.6)$, dado que se tiene una homofilia media ($\lambda \in (0, 9)$) intuitivamente podría esperarse que la evolución del sistema corresponda a la estabilidad (o incluso un aumento) de la cantidad de mujeres a nivel Grado, no obstante, el desarrollo es hacia el punto más bajo ($x^{*1} = (0.0415, 0.0415)$). Para cierto radio de $(0.5, 0.5)$ el desarrollo del sistema se divide en dos completamente diferentes. La paridad, pese a que se parte muy cerca de ella, no se mantiene a lo largo del tiempo.

Vale la pena preguntarnos si este punto al que aspiramos es el “mejor”, bajo qué principios y con qué fin; es claro que el reconocimiento de la mujer como sujeto participante de la sociedad es crucial, ya en el primer capítulo dedicamos a explicar la necesidad de esto, además de sus beneficios. Sin embargo, los resultados alcanzados hasta este punto nos

llevan a arrojar la pregunta: ¿Qué consecuencias se desprenden de este tipo de situaciones? es decir, de alcanzar el punto crítico más alto ($x^{*2} = (0.9585, 0.9585)$) donde las mujeres ocupan la mayoría de los puestos laborales, esto podría traducirse en una población masculina parada, entonces las promesas de un aumento del PIB y la recaudación de fondos podrían verse socavadas, por no hablar del conflicto de intereses que esto podría generar⁵.

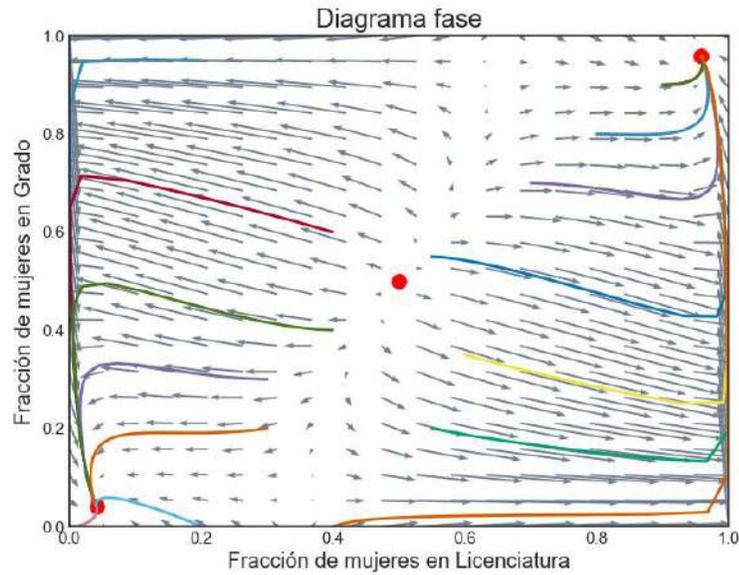


Figura 4.24: Diagrama fase para Lic y Grado con $\lambda = 4.5$ y $c = 1.5$, en ausencia de sesgo. Imagen propia.

Podemos resumir la caracterización de los puntos de la figura 4.24 en la siguiente tabla:

Punto crítico	Eigenvalores	Tipo
$x^{*1} = (0.0415, 0.0415)$	$-0.2225, -0.1981$	Atractor
$x^{*2} = (0.5, 0.5)$	$0.0234, -0.0796$	Punto silla
$x^{*3} = (0.9585, 0.9585)$	$-0.1427 \pm 0.1952i$	Foco espiral

Tabla 4.3: Clasificación de puntos críticos según sus eigenvalores

⁵Los problemas derivados de un conflicto de intereses en el ejercicio mental planteado rebasan los alcances del presente trabajo

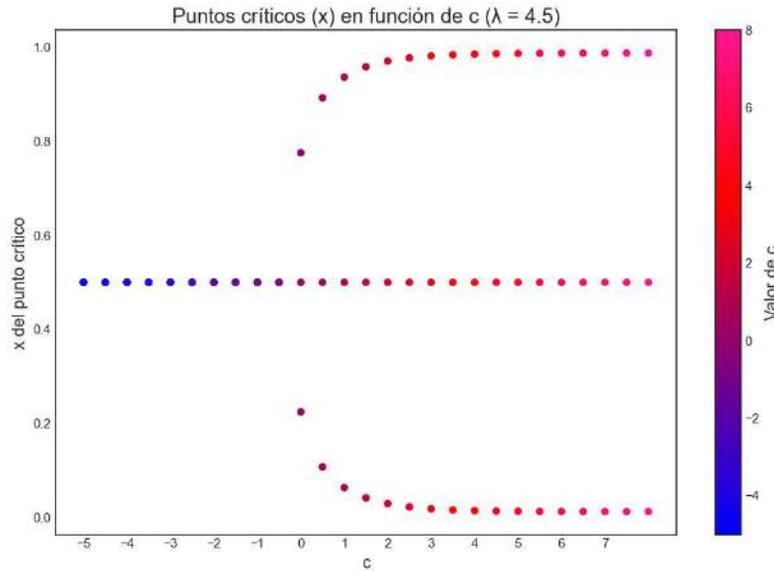


Figura 4.25: Representación de los puntos críticos en base a la coordenada x y en función de c , con $\lambda = 4.5$. Imagen propia.

Podemos apreciar mejor el efecto que tiene variar la condición de la mujer manteniendo el valor del sesgo y la homofilia en la figura 4.25, donde se presenta el mapeo de los puntos críticos en base a la coordenada x (los puntos críticos son simétricos, por lo que sus coordenadas x y y son iguales, si se desea ver la gráfica con respecto a la coordenada y puede revisarse el apéndice, en particular la figura C.1). Como se mencionó en párrafos anteriores, existe la presencia de tres puntos críticos. Dado que su comportamiento varía al cambiar c , hemos creado la tabla 4.4 donde se rescatan los puntos críticos correspondientes al valor de c , los eigenvalores asociados a cada uno así como su caracterización.

c	x^*	Coordenadas	Eigenvalores	Caracterización
-5	1	(0.5, 0.5)	-0.2385, -0.1940	Atractor
-1	1	(0.5, 0.5)	0.1085, -0.0393	Punto silla
0	1	(0.2244, 0.2244)	$-0.0139 \pm 0.0576i$	Atractor
0	2	(0.5, 0.5)	0.2044, 0.0057	Repulsor
0	3	(0.7756, 0.7756)	$-0.0139 \pm 0.0576i$	Atractor
1.5	1	(0.0415, 0.0415)	-0.2225, -0.1981	Atractor
1.5	2	(0.5, 0.5)	0.0234, -0.0796	Punto silla
1.5	3	(0.9585, 0.9585)	$-0.1427 \pm 0.1952i$	Atractor
2	1	(0.0294, 0.0294)	-0.2375, -0.1977	Atractor
2	2	(0.5, 0.5)	-0.0551, -0.1176	Atractor
2	3	(0.9706, 0.9706)	$-0.2297 \pm 0.2205i$	Atractor

Tabla 4.4: Clasificación de puntos críticos según eigenvalores para distintos valores de c , con $\lambda = 4.5$, $b = 0.5$.

Escenarios como este resultan particularmente relevantes, ya que el discurso predominante actual promueve la eliminación del sesgo y alienta activamente la participación femenina en espacios tradicionalmente dominados por hombres (a partir de, por ejemplo, promover las denuncias de acoso o la creación de ambientes más inclusivos, lo que reduce la homofilia). No obstante, el modelo aquí propuesto, indica que mientras no se modifique la condición de la mujer (por ejemplo, mediante servicios de cuidado), seguirá existiendo una limitación de oportunidades.

El comportamiento dinámico encontrado aquí, pese a mostrar escenarios controlados y de simulación, invita a reflexionar sobre la importancia de considerar cuidadosamente el contexto, las condiciones iniciales y la interacción entre variables, así como sus posibles cambios: si, por ejemplo, en los primeros años se modifica una de las variables clave en la incorporación de mujeres a cierta área, el sistema podría evolucionar hacia un resultado no deseado, posiblemente perpetuando la exclusión; rescatar y estudiar esos cambios pueden aportar información valiosa. Así, el modelo nos recuerda que algunos efectos positivos requieren una espera estratégica para estabilizarse y consolidarse en el tiempo. Por otro lado, reducir el sesgo es un paso importante y necesario, pero insuficiente si no se abordan también factores como la homofilia y lo que hemos denominado como la condición de la mujer contemporánea, la cual incluye la composición demográfica. De no hacerlo, incluso políticas previamente exitosas podrían producir efectos contraproducentes en con-

textos distintos. La búsqueda de igualdad y equidad de género necesita una mirada más amplia y compleja, que logre integrar dinámicas estructurales, decisiones individuales y temporalidades distintas.

4.5. Condicionado, sesgado y homofílico.

Como se comentó, dada la complejidad que adquiere el modelo cuando $\lambda \neq 0$, $b \neq 0$ y $c \neq 0$, en esta última sección se analizan casos particulares derivados del área de Enfermería.

Caso inspirado en Enfermería.

Los resultados del ajuste obtenidos para esta área corresponden a $b \approx 0.42$, $\lambda \approx 3.2$, y $c \approx 2.08$. Supongamos los valores $N_i = \{13, 8, 5\}$ y $R_i = \{1/4, 1/5, 1/6\}$ para $j=1,2,3$.

- Supongamos que la entrada general al primer nivel (Técnico) es 50 % hombres, 50 % mujeres ($x_0 = \frac{1}{2}$), además, la fracción de mujeres en todos los niveles superiores es de $x_j = 0.9$. La evolución del sistema muestra que con el pasar del tiempo, la cantidad de mujeres presente en cada nivel caerá por debajo del 10 %, pese a que en un inicio la mayor parte de la población la conformaban mujeres (vease la figura 4.26). Bajo las mismas condiciones, al quitar el sesgo ($b = \frac{1}{2}$) la cantidad de mujeres presente se mantiene en 0.9, de hecho, mientras x_j sea constante para todos los niveles y esté por encima de la paridad, es decir, se tenga $x_j > 0.5$ para $j=1,2,3$, la cantidad de mujeres alcanzará el 90 %, como se muestra en la figura 4.27.

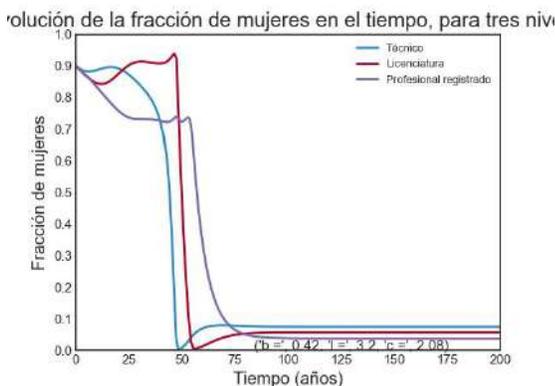


Figura 4.26: Evolución de la fracción de mujeres en tres niveles, con $b \approx 0.42$, $\lambda \approx 3.2$, y $c \approx 2.08$. Imagen propia.

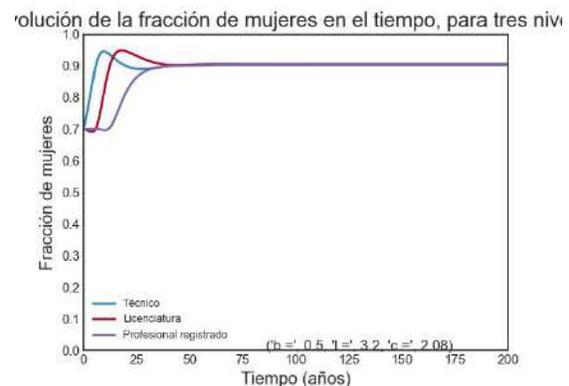


Figura 4.27: Evolución de la fracción de mujeres en tres niveles, con $b \approx 0.5$, $\lambda \approx 3.2$, y $c \approx 2.08$. Imagen propia.

2. Manteniendo $x_j = 0.9$, y hacer $c=8$, podemos ver en la figura 4.28 que la cantidad de mujeres alcanza a sobrepasar el 90% para los dos primeros niveles, mientras que en el más alto (Profesional registrado) se percibe una ligera reducción. Empero, comparándola con la figura 4.26, la evolución de la situación promete más, ¿Por qué se presenta esta peculiaridad al incrementar la condición? bueno, recordemos que la condición es contextual, la combinación de variables es relevante, y atañe a las preferencias de cada mujer, las cuales se encuentran fuertemente relacionadas con su historia de vida, aún más, con una asignación de roles de sexo. El área de Enfermería suele ser un área feminizada puesto que gran parte de la historia la tarea de cuidados se le ha asignado a la mujer, en este sentido, nuestra hipótesis es, que al encontrarse una mujer más condicionada, se verá sujeta en mayor medida a lo que la sociedad espera de ella. En otras palabras y para nuestro caso de estudio, al estar más condicionada, quizá sea probable que busque incorporarse y mantenerse en este espacio.

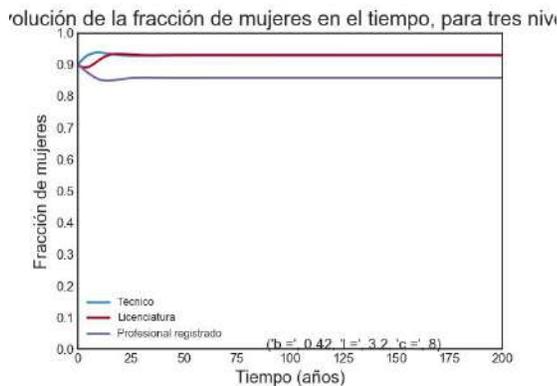


Figura 4.28: Evolución de la fracción de mujeres en el tiempo, con $b \approx 0.42, \lambda \approx 3.2$, y $c = 8$. Imagen propia.

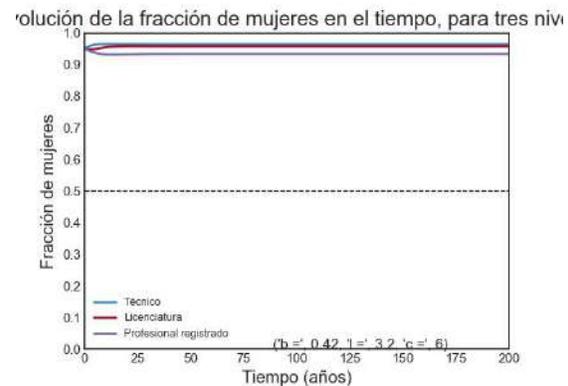


Figura 4.29: Evolución de la fracción de mujeres en el tiempo, con $b \approx 0.42, \lambda \approx 3.2$, y $c = 6$. Imagen propia.

3. Al hacer $c=5$, la situación evoluciona de acuerdo a la figura 4.30, coincidiendo con nuestra hipótesis, sobre que al encontrarse en una condición menor, para el caso exclusivo de esta situación, elegirá otro tipo de profesiones, así, pese a que en este caso se inicia con $x_j = 0.9$, eventualmente los niveles tres niveles, Técnico, Licenciatura y Profesional registrado se verán reducidos a una población femenina por debajo del

25 %.

Por otro lado, si se invierten los valores de la homofilia y la condición, llevándolos a $\lambda = 2$ y $c = 3$ como se puede ver en la figura 4.31, el resultado sería la alternancia de la mayoría entre hombres y mujeres, no obstante, el tercer nivel sigue presentando una menor cantidad de mujeres.

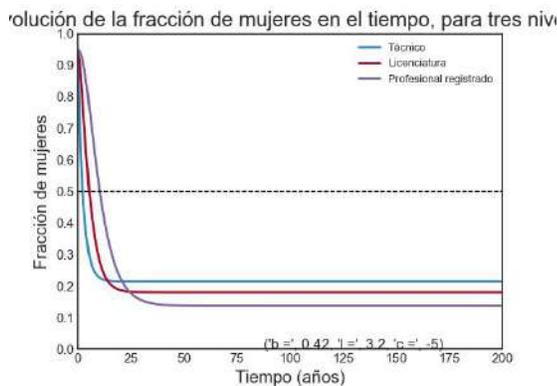


Figura 4.30: Evolución de la fracción de mujeres en el tiempo, con $b \approx 0.42$, $\lambda \approx 3.2$, y $c = -5$. Imagen propia.

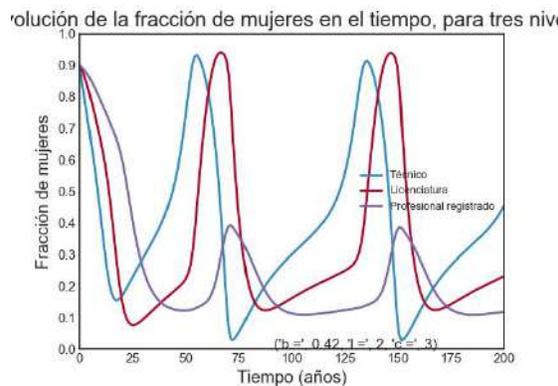


Figura 4.31: Evolución de la fracción de mujeres en el tiempo, con $b \approx 0.42$, $\lambda = 2$, y $c = 3$. Imagen propia.

El área de Enfermería es conocida históricamente por presentar una mayor cantidad de mujeres, que como comentamos, se deriva en gran parte de la atribuida naturaleza de la división sexual del trabajo [26], por lo que la disparidad presente es el reflejo de la perpetuación de dicha división. De la misma forma que se cuestionó en la sección anterior el deseo de una mayoría de mujeres para ciertas áreas, es necesario preguntarse, una vez superado el obstáculo de la naturalización de actividades, ¿qué se necesita para que más hombres deseen acercarse a estas profesiones?. Escenarios como los mostrados en las figuras 4.30 y 4.31 serían el reflejo de una redistribución del trabajo de cuidados, de un nuevo paradigma que se asoma en vistas de un cambio estructural en la condición de la mujer, sería un paso más a cerrar la brecha de sexo [13], sin embargo, para que esto sea posible es necesario abrir la conversación, abrir la puerta del feminismo a hombres que deseen escuchar. Al final de cuentas, las consecuencias y los beneficios derivados de un nuevo orden social serán compartidos con ellos.

Apéndice A

Código en Python

A.0.1. Modelo teórico con parámetro c , seis niveles.

Aquí se presentan los códigos de autoría propia desarrollados en Python, con los que realizamos las figuras mostradas a lo largo del documento.

```
import numpy as np
from scipy.integrate import odeint
import matplotlib.pyplot as plt
import os
plt.style.use("bmh")
# Definiendo valores de Ri y Ni
Ni = np.array([13, 8, 5, 3, 2, 1])
Ri = np.array([1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/9, 1/15])
l, b, c = 3, 0.5, 0
x0,x1,x2,x3,x4,x5,x6 = 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1, 0.05, 1/100
RN = Ri * Ni
Sumas = np.array([np.sum(RN) - np.sum(RN[:i]) for i in range(1, 7)])
erres = np.array([s / (Ri[i] * Ni[i]) for i, s in enumerate(Sumas)])
def prob(u,v): #Probabilidad
    return 1/ (1+ np.exp( (-l*(u-v)) + c ) )
```

```

def efe(b,x,p,q): #Construyendo las f's
    f = (b*x*p) / ( b*x*p + (1-b)*(1-x)*q )
    return f
def deriv(x, t): #EC. DIFERENCIALES:
    x1,x2,x3,x4,x5,x6 = x
    dX1dT = Ri[0] * ( (1+erres[0]) *efe(b, x0, prob(x1,x0),
    → prob(1-x1, 1-x0) ) - x1 - erres[0]*efe(b, x1, prob(x2,x1),
    → prob(1-x2, 1-x1) ) )
    dX2dT = Ri[1] * ( (1+erres[1]) *efe(b, x1, prob(x2,x1),
    → prob(1-x2, 1-x1) ) - x2 - erres[1]*efe(b, x2, prob(x3,x2),
    → prob(1-x3, 1-x2) ) )
    dX3dT = Ri[2] * ( (1+erres[2]) *efe(b, x2, prob(x3,x2),
    → prob(1-x3, 1-x2) ) - x3 - erres[2]*efe(b, x3, prob(x4,x3),
    → prob(1-x4, 1-x3) ) )
    dX4dT = Ri[3] * ( (1+erres[3]) *efe(b, x3, prob(x4,x3),
    → prob(1-x4, 1-x3) ) - x4 - erres[3]*efe(b, x4, prob(x5,x4),
    → prob(1-x5, 1-x4) ) )
    dX5dT = Ri[4] * ( (1+erres[4]) *efe(b, x4, prob(x5,x4),
    → prob(1-x5, 1-x4) ) - x5 - erres[4]*efe(b, x5, prob(x6,x5),
    → prob(1-x6, 1-x5) ) )
    dX6dT = Ri[5] * ( efe(b, x5, prob(x6,x5), prob(1-x6, 1-x5) ) - x6
    → )
    return [dX1dT, dX2dT, dX3dT,dX4dT,dX5dT,dX6dT]
x = [x1,x2,x3,x4,x5,x6]
t = np.linspace(0, 150, 200)
sol = odeint(deriv, x, t) #Resolver la EDO
plt.plot(t, sol[:, 0], label='Lic')
plt.plot(t, sol[:, 1], label='Grado')

```

```
plt.plot(t, sol[:, 2], label='Postdoc')
plt.plot(t, sol[:, 3], label='Opción a plaza')
plt.plot(t, sol[:, 4], label='Plaza')
plt.plot(t, sol[:, 5], label='Prof. Tiempo completo')
plt.legend(["Lic", "Grado", "Postdoc", "Opción a
→ plaza", "Plaza", "Prof.Tiempo completo"], loc=4, prop={'size': 7})
plt.legend(loc=0, prop={'size': 9})
plt.grid()
plt.xlabel("Tiempo (años)")
plt.ylabel("Fracción de mujeres")
plt.yticks([0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1])
plt.xticks([0, 50, 100, 150])
plt.title("Evolución de la fracción de mujeres en el tiempo")
plt.xlim(0, 150)
plt.ylim(0, 1)
plt.text(115, 0.0, ("b =", b, "lambda =", 1, "c=", c) , fontsize=12,
→ ha="center")
plt.axhline(y=0.5, color='black', linestyle='--', linewidth=1,
→ label='y = 0.5')
#Guarda las imágenes en una carpeta:
carpeta = r"aquí se agrega la ruta de la carpeta"
os.makedirs(carpeta, exist_ok=True)
nombre = "elige un nombre.jpg"
ruta = os.path.join(carpeta, nombre)
plt.savefig(ruta)
plt.close(ruta)
plt.show() #NOTA: esta parte se puede editar para dejar un #modelo
→ de tres o dos ecuaciones.
```

A.0.2. Código para diagrama de fase 3D

```
x_vals = np.linspace(0, 1, 10) #Crear una malla 3D de puntos
y_vals = np.linspace(0, 1, 10)
z_vals = np.linspace(0, 1, 10)
X, Y, Z = np.meshgrid(x_vals, y_vals, z_vals)
# Inicializar los campos de dirección en 3D
DX1, DX2, DX3 = np.zeros(X.shape), np.zeros(Y.shape),
→ np.zeros(Z.shape)
# Evaluar las derivadas en cada punto de la malla 3D
for i in range(len(x_vals)):
    for j in range(len(y_vals)):
        for k in range(len(z_vals)):
            x = [X[i, j, k], Y[i, j, k], Z[i, j, k]]
            dx1, dx2, dx3 = deriv(0, x)
            DX1[i, j, k] = dx1
            DX2[i, j, k] = dx2
            DX3[i, j, k] = dx3
fig = plt.figure(figsize=(10, 8))
ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
light_color = colors.to_rgba('slategray', alpha=0.65)
# Usamos quiver para graficar el campo vectorial
ax.quiver(X, Y, Z, DX1, DX2, DX3, color=light_color, length=0.08,
→ normalize=True)
# Gráfica de las trayectorias hacia adelante usando LSODA
t_span = np.linspace(0, 150, 200)
# Definir varias condiciones iniciales para las trayectorias
initial_conditions = [[0.4, 0.4, 0.4], [0.6, 0.6, 0.6], [1, 0, 0]]
# Resolver el sistema de ecuaciones para cada condición inicial
```

```
for k in initial_conditions:
    sol = solve_ivp(deriv, [0, 150], k, method='LSODA',
        → t_eval=t_span)
    ax.plot(sol.y[0], sol.y[1], sol.y[2], label=f"Trayectoria desde
        → {k}")

# Encuentra los puntos críticos
def sistema(x):
    return deriv(0, x)
cp1 = fsolve(sistema, initial_conditions[0])
cp2 = fsolve(sistema, initial_conditions[1])
cp3 = fsolve(sistema, initial_conditions[2])

# Graficar los puntos críticos
ax.scatter(cp1[0], cp1[1], cp1[2], color='yellow', s=100,
    → label='Punto Crítico 1')
ax.scatter(cp2[0], cp2[1], cp2[2], color='blue', s=100, label='Punto
    → Crítico 2')
ax.scatter(cp3[0], cp3[1], cp3[2], color='green', s=100, label='Punto
    → Crítico 3')

# Etiquetas y leyenda
ax.set_title("Diagrama fase 3D")
ax.set_xlabel("Mujeres en Licenciatura", labelpad=5)
ax.set_ylabel("Mujeres en Grado", labelpad=5)
ax.set_zlabel("Mujeres en Postdoc", labelpad=0)
ax.set_xlim(0, 1)
ax.set_ylim(0, 1)
ax.set_zlim(0, 1)
ax.legend(loc="best")
os.makedirs(carpeta, exist_ok=True)
name = "elige el nombre.jpg"
```

```
ruta = os.path.join(carpeta, name) #sigue la ruta de la carpeta
plt.savefig(ruta)
plt.close(ruta)
ax.grid(True)
plt.show()
equis = np.array([x0,x1,x2,x3])
ex_input = np.array([l,b,c])
ele,be,ce = l,b,c #conjunto de valores l,b,c
print("Puntos críticos:", cp1,cp2,cp3)
```

NOTA: Si se desean agregar más condiciones iniciales y analizar más puntos críticos, sólo deben agregarse las líneas análogas a las que ya se encuentran en esas secciones en el código.

A.0.3. Código para ajuste de parámetros.

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.integrate import solve_ivp
import pandas as pd
from scipy.optimize import minimize
from openpyxl import load_workbook

def deriv(t, variables, b, l, c, R1, R2, R3, R4, R5, R6, N1, N2, N3,
→ N4, N5, N6):
    x1, x2, x3, x4, x5, x6 = variables
    x0 = 0.5

    def crea_erres(R1, R2, R3, R4, R5, R6, N1, N2, N3, N4, N5, N6):
        Ri = np.array([R1, R2, R3, R4, R5, R6])
        Ni = np.array([N1, N2, N3, N4, N5, N6])
        RN = Ri * Ni # Producto de R y N
        SRN_total = sum(RN)
        Sumas = np.array([SRN_total - sum(RN[:i]) for i in range(1,
→ 7)])
        epsilon = 1e-10
        erres = np.array([s / (R * N + epsilon) for s, R, N in
→ zip(Sumas, Ri, Ni)])
        return erres

erres = crea_erres(R1, R2, R3, R4, R5, R6, N1, N2, N3, N4, N5,
→ N6) #jala los R's y N's, crea un array con los erres
def prob(u, v, l, c):
    exp_input = -l * (u - v) + c
    return 1 / (1 + np.exp(np.clip(exp_input, -700, 700)))

def efe(b, v, p, q):

```

```

    return (b * v * p) / (b * v * p + (1 - b) * (1 - v) * q)

dX1dT = R1 * ((1 + erres[0]) * efe(b, x0, prob(x1, x0, l, c),
→ prob(1 - x1, 1 - x0, l, c)) - x1 - erres[0] * efe(b, x1,
→ prob(x2, x1, l, c), prob(1 - x2, 1 - x1, l, c)))
dX2dT = R2 * ((1 + erres[1]) * efe(b, x1, prob(x2, x1, l, c),
→ prob(1 - x2, 1 - x1, l, c)) - x2 - erres[1] * efe(b, x2,
→ prob(x3, x2, l, c), prob(1 - x3, 1 - x2, l, c)))
dX3dT = R3 * ((1 + erres[2]) * efe(b, x2, prob(x3, x2, l, c),
→ prob(1 - x3, 1 - x2, l, c)) - x3 - erres[2] * efe(b, x3,
→ prob(x4, x3, l, c), prob(1 - x4, 1 - x3, l, c)))
dX4dT = R4 * ((1 + erres[3]) * efe(b, x3, prob(x4, x3, l, c),
→ prob(1 - x4, 1 - x3, l, c)) - x4 - erres[3] * efe(b, x4,
→ prob(x5, x4, l, c), prob(1 - x5, 1 - x4, l, c)))
dX5dT = R5 * ((1 + erres[4]) * efe(b, x4, prob(x5, x4, l, c),
→ prob(1 - x5, 1 - x4, l, c)) - x5 - erres[4] * efe(b, x5,
→ prob(x6, x5, l, c), prob(1 - x6, 1 - x5, l, c)))
dX6dT = R6 * (efe(b, x5, prob(x6, x5, l, c), prob(1 - x6, 1 - x5,
→ 1, c)) - x6 )
return [dX1dT, dX2dT, dX3dT, dX4dT, dX5dT, dX6dT]

def simular_sistema(t, b, l, c, R1, R2, R3, R4, R5, R6, N1, N2, N3,
→ N4, N5, N6):
    x_inicial = [0.191557574, 0.130790191, 0.114254021,
→ 0.169593655383182, 0.0996569743927932, 0.0294784146880926] #
→ condiciones iniciales fijas
    solucion = solve_ivp(deriv, [t[0], t[-1]], x_inicial, args=(b, l,
→ c, R1, R2, R3, R4, R5, R6, N1, N2, N3, N4, N5, N6), t_eval=t)
    return solucion.y.T #filas = tiempo, columnas = variables

```

```

def funcion_costo(parametros, t, y_exp):
    b, l, c, R1, R2, R3, R4, R5, R6, N1, N2, N3, N4, N5, N6 =
        ↪ parametros
    y_simulado = simular_sistema(t, b, l, c, R1, R2, R3, R4, R5, R6,
        ↪ N1, N2, N3, N4, N5, N6)
    error = np.sum((y_exp - y_simulado) ** 2)
    return error

def calcular_mse(y_real, y_pred):
    return np.mean((y_real - y_pred) ** 2)

#CARGAR ARCHIVOS:
archivo = r"agregar la ruta del archivo excel"
y_data= pd.read_excel(archivo)
tiempo = y_data['Year'].values
y1 = y_data['Undergraduate'].values
y2 = y_data['Graduate'].values
y3 = y_data['Postdoctoral'].values
y4 = y_data['Assistant'].values
y5 = y_data['Associate'].values
y6 = y_data['Full'].values
y_data_combined = np.vstack([y1, y2, y3, y4, y5, y6]).T

bounds = [(0, 1), (0, 9), (-5,8),(0, None),(0, None),(0, None),(0,
    ↪ None), (0,None),(0,None),
            (0, None),(0, None),(0,None),(0,None),(0,None),(0,None)]
c_data = np.arange(-5,8) #array para valores de C
parametros_fijos = [0.45, 3, 1/4,1/5,1/7,1/5,1/5,1/12,
    ↪ 350,10,1.2,1,1,2]

```

```
parametros_iniciales_list = []
resultados_list = []
resultados_errores = []

for c in c_data:
    parametros = parametros_fijos[:2] + [c] + parametros_fijos[2:]
    parametros_iniciales_list.append(parametros)
    r = minimize(funcion_costo, parametros, args=(tiempo,
    ↪ y_data_combined), method='L-BFGS-B', bounds=bounds,
    ↪ options={'disp': True, 'ftol': 1e-3, 'gtol': 1e-4, 'maxiter':
    ↪ 250})
    resultados_list.append(r.x)

for i, c in enumerate(c_data):
    parametros_optimos = resultados_list[i]
    y_simulado_optimo = simular_sistema(tiempo, *parametros_optimos)
    c_optimo = parametros_optimos[2]
    mse_x1 = calcular_mse(y1, y_simulado_optimo[:, 0])
    mse_x2 = calcular_mse(y2, y_simulado_optimo[:, 1])
    mse_x3 = calcular_mse(y3, y_simulado_optimo[:, 2])
    mse_x4 = calcular_mse(y4, y_simulado_optimo[:, 3])
    mse_x5 = calcular_mse(y5, y_simulado_optimo[:, 4])
    mse_x6 = calcular_mse(y5, y_simulado_optimo[:, 5])
    mse_total = (mse_x1 + mse_x2 + mse_x3 + mse_x4 + mse_x5 + mse_x6)
    ↪ / 6

    #Diccionario con resultados de errores:
    resultados_errores.append({
        'C ajustado': c_optimo, 'MSE x1': mse_x1, 'MSE x2':
        ↪ mse_x2, 'MSE x3': mse_x3,
```

```
    'MSE x4': mse_x4, 'MSE x5': mse_x5, 'MSE x6': mse_x6, 'MSE
    ↪ total': mse_total })

df2 = pd.DataFrame(resultados_errores)
#RUTAS DE GUARDADO:
save_ruta = r"ruta de guardado en un excel.xlsx"
hoja1 = "Errores"
book = load_workbook(save_ruta) #Leer el archivo existente
if hoja1 in book.sheetnames: # Verificar si la hoja existe, si es
    ↪ así, leemos el DataFrame existente
    df_existing = pd.read_excel(save_ruta, sheet_name=hoja1,
    ↪ index_col=0)
else:
    df_existing = pd.DataFrame() # Si no existe, creamos un
    ↪ DataFrame vacío
df_combined = pd.concat([df_existing, df2])
with pd.ExcelWriter(save_ruta, engine='openpyxl', mode='a',
    ↪ if_sheet_exists='replace') as writer:
    df_combined.to_excel(writer, sheet_name=hoja1, index=True)
# DataFrame con listas del parametros y resultados:
df = pd.DataFrame({
    'b': [p[0] for p in parametros_iniciales_list],
    'lambda': [p[1] for p in parametros_iniciales_list],
    'C': [p[2] for p in parametros_iniciales_list],
    'R1': [p[3] for p in parametros_iniciales_list],
    'R2': [p[4] for p in parametros_iniciales_list],
    'R3': [p[5] for p in parametros_iniciales_list],
    'R4': [p[6] for p in parametros_iniciales_list],
    'R5': [p[7] for p in parametros_iniciales_list],
```

```
'R6': [p[8] for p in parametros_iniciales_list],
'N1': [p[9] for p in parametros_iniciales_list],
'N2': [p[10] for p in parametros_iniciales_list],
'N3': [p[11] for p in parametros_iniciales_list],
'N4': [p[12] for p in parametros_iniciales_list],
'N5': [p[13] for p in parametros_iniciales_list],
'N6': [p[14] for p in parametros_iniciales_list],
'b_opt': [r[0] for r in resultados_list],
'lambda_opt': [r[1] for r in resultados_list],
'C_opt': [r[2] for r in resultados_list],
'R1_opt': [r[3] for r in resultados_list],
'R2_opt': [r[4] for r in resultados_list],
'R3_opt': [r[5] for r in resultados_list],
'R4_opt': [r[6] for r in resultados_list],
'R5_opt': [r[7] for r in resultados_list],
'R6_opt': [r[8] for r in resultados_list],
'N1_opt': [r[9] for r in resultados_list],
'N2_opt': [r[10] for r in resultados_list],
'N3_opt': [r[11] for r in resultados_list],
'N4_opt': [r[12] for r in resultados_list],
'N5_opt': [r[13] for r in resultados_list],
'N6_opt': [r[14] for r in resultados_list],
})
#Guardar los parametros ajustados en un excel:
hoja2 = "Param_Ajust"
book = load_workbook(save_ruta)
if hoja2 in book.sheetnames:
    df_existing = pd.read_excel(save_ruta, sheet_name=hoja2,
    ↪ index_col=0)
```

```
else:
    df_existing = pd.DataFrame() # Si no existe, creamos un
    ↪ DataFrame vacío
df_combined = pd.concat([df_existing, df])
with pd.ExcelWriter(save_ruta, engine='openpyxl', mode='a',
    ↪ if_sheet_exists='replace') as writer:
    df_combined.to_excel(writer, sheet_name=hoja2, index=True)
```

El código implementado realiza los siguientes pasos:

1. Definición del sistema dinámico como un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO), se puede ampliar o disminuir dependiendo del número de niveles L .
2. Incorporación de la variable c en la probabilidad de ascenso entre niveles.
3. Simulación del sistema. Se resuelve numéricamente el sistema EDOs mediante el integrador `solve_ivp` de Scipy, para un conjunto de condiciones iniciales y parámetros específicos.
4. Ajuste de parámetros con datos (la base de datos proporcionada por Clifton, et.al). Extrae las series de tiempo de la base de datos (proporción de mujeres por nivel). El ajuste se realiza mediante optimización, minimizando el error cuadrático entre los datos reales y las trayectorias simuladas.
5. Exploración sistemática del parámetro c . Genera una grilla de valores en el rango $[-5,8]$ y para cada valor, se repite el proceso de ajuste. Esto permite observar cómo cambia el desempeño del modelo (a través del error cuadrático medio) al variar el valor de c .
6. Almacenamiento de resultados en un archivo excel para su análisis posterior.

Apéndice B

Ajustes y errores.

Los errores correspondientes al ajuste de parámetros de las tablas 4.2 y B.2 se muestran en las siguientes tablas.

B.1. Parámetros ajustados N_i y R_i con Python.

Área	N1	N2	N3	N4	N5	N6
Física	350	9.993	1.147	0.944	1.202	1.983
Biología (Academia)	350	10.003	1.195	1.096	0.872	
Computación*	350	9.993	1.470	0.761	0.981	
Ingeniería* (Academia)	350	10.001	1.179	0.976	1.037	
Matemáticas	350	9.999	1.287	0.927	0.967	
Medicina (Academia)	350	10.000	1.228	0.995	0.972	
Medicina académica (clínica)	10.007	1.313	1.028	0.935	0.151	
Ciencias básicas médicas (académico)	9.999	1.226	1.026	0.948		
Periodismo	1.803	0.870	1.000			
Leyes	0.986	3.003	0.500			
Práctica médica	89904	129720.000	877616.000			
Enfermería	6900	2000.000	2218.000			
Política*	7383	435.000	100.000			
Práctica de la ingeniería	1.002	5.000				
Psicología	350	9.961	1.269	1.664	1.822	

Área	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Física	0.028	0.260	0.070	0.040	0.656	0.067
Biología (Academia)	0.327	0.072	0.043	0.010	0.082	
Computación*	0.164	0.020	0.807	0.001	0.402	
Ingeniería* (Academia)	0.260	0.064	0.063	0.074	0.038	
Matemáticas	0.300	0.199	0.242	0.000	0.099	
Medicina (Academia)	0.256	0.186	0.036	0.000	0.055	
Medicina académica (clínica)	0.112	0.103	0.005	0.042	0.151	
Ciencias básicas médicas (académico)	0.055	0.025	0.022	0.044		
Periodismo	0.162	0.294	0.200			
Leyes	0.294	0.134	0.200			
Práctica médica	0.347	0.304	0.050			
Enfermería	0.011	0.345	0.083			
Política*	0.147	0.042	0.125			
Práctica de la ingeniería	0.199	0.054				
Psicología	0.044	0.031	0.011	0.017	0.017	

B.2. Réplica de parámetros ajustados N_i y R_i con Matlab.

Tabla B.1: Parámetros N_1 a N_6 réplica de Clifton et al.

Área	N1	N2	N3	N4	N5	N6
Física	194.935	5.009	0.386	0.108	0.804	1.000
Biología (Academia)	15.298	22.826	0.472	1.975	1.000	–
Computación*	359.787	3.659	1.545	0.344	1.000	–
Ingeniería* (Academia)	265.226	19.282	2.877	0.758	1.000	–
Matemáticas	373.915	11.882	2.316	0.453	1.000	–
Medicina (Academia)	490.332	10.513	2.754	1.112	1.000	–
Medicina académica (clínica)	32.233	8.872	10.278	9.192	1.000	–
Ciencias básicas médicas (académico)	14.810	3.437	1.620	1.000	–	–
Periodismo	2.910	2.222	1.000	–	–	–
Leyes	4.197	8.235	1.000	–	–	–
Práctica médica	0.302	0.522	1.000	–	–	–
Enfermería	7.210	1.883	1.000	–	–	–
Política*	48.539	16.255	1.000	–	–	–
Práctica de la ingeniería	0.409	1.000	–	–	–	–
Psicología	327.501	1.213	1.274	0.539	1.000	–

Tabla B.2: Parámetros R_1 a R_6 réplica de Clifton et al.

Área	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Física	0.144	0.300	0.288	0.361	0.142	0.040
Biología (Academia)	0.422	0.112	0.253	0.087	0.129	–
Computación*	0.224	0.124	-0.011	0.299	0.352	–
Ingeniería* (Academia)	0.273	0.063	0.079	0.064	0.044	–
Matemáticas	0.220	0.267	0.040	0.046	0.131	–
Medicina (Academia)	0.239	0.273	0.084	-0.025	0.084	–
Medicina académica (clínica)	-0.009	0.227	-0.010	0.054	0.277	–
Ciencias básicas médicas (académico)	0.057	0.231	0.027	0.114	–	–
Periodismo	-0.101	0.177	0.085	–	–	–
Leyes	0.501	0.008	0.108	–	–	–
Práctica médica	-0.051	0.020	0.041	–	–	–
Enfermería	0.073	0.012	0.008	–	–	–
Política*	0.256	0.056	0.099	–	–	–
Práctica de la ingeniería	0.283	0.069	–	–	–	–
Psicología	0.279	0.028	0.008	0.006	0.029	–

Tabla B.3: Ajuste realizado con el código de Clifton et al.

N	Área	b	l
3	Práctica médica	0.542350	0.621981
3	Leyes	0.500339	4.084500
5	Psicología	0.642412	2.487416
5	Medicina (Academia)	0.496381	1.882686
5	Computación*	0.443884	3.492971
5	Biología (Academia)	0.524687	3.118851
6	Física	0.499865	4.461678
3	Enfermería	0.193347	8.359273
5	Ingeniería* (Academia)	0.652678	6.431238
4	Ciencias básicas médicas (académico)	0.469833	2.343145
3	Periodismo	0.495196	3.405312
5	Medicina académica (clínica)	0.434374	0.968575
3	Política*	0.599236	5.738013
2	Práctica de la ingeniería	0.554634	5.613069
5	Matemáticas	0.467922	2.869752
	Promedio	0.501143	3.725231

Apéndice C

Figuras.

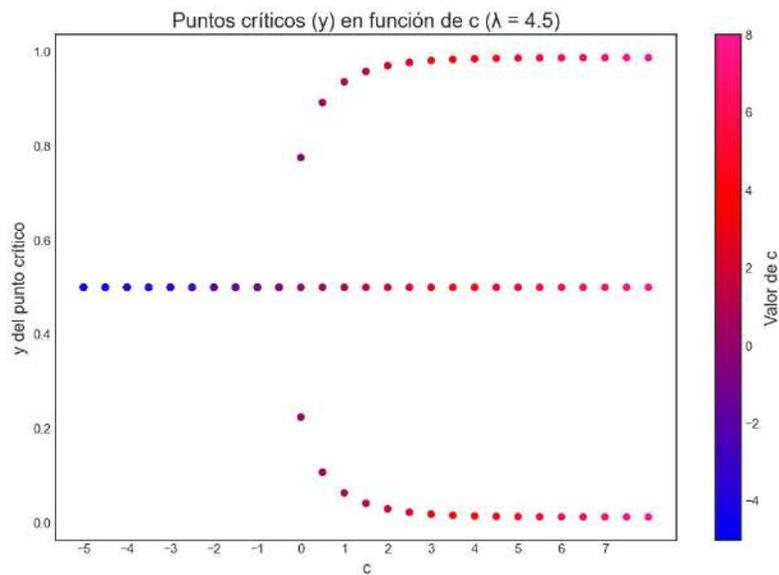


Figura C.1: Representación de los puntos críticos en base a la coordenada y en función de c , con $\lambda = 4.5$. Imagen propia.

Conclusiones

A lo largo de esta investigación hemos esclarecido que, hablar de la incorporación de mujeres en espacios profesionales y académicos va más allá de la discriminación directa o basada en el género, que si bien no dejan de ser factores, distan de ser los únicos. Existe una serie de condicionamientos sociales, culturales y sistémicos que impactan de forma significativa en las decisiones y oportunidades que toman las mujeres. Eso es lo que intentamos capturar con la variable c (condición). Este parámetro nos permitió modelar cómo inciden aspectos como la carga de trabajo de cuidados que junto con la laboral, se vuelve una jornada doble, la falta de apoyos institucionales, así como las expectativas sociales que llevan a reconfigurar las prioridades personales, y que muchas de las veces orillan a la mujer a abandonar la idea de abrirse paso en la escala jerárquica. Vimos que la dinámica cambia según el área, por lo que se debe contextualizar el problema. En espacios feminizados como Enfermería, se observan una homofilia y una condición media, mientras que el sesgo favorece la promoción de los hombres, mostrando así una desigualdad inversa. Por otro lado, en áreas como Ingeniería, aunque hay sesgo a favor de las mujeres, la condición actúa como una barrera más poderosa. Otro de los resultados importantes corresponde a la consideración del tiempo en la obtención de resultados. El modelo muestra que en algunos casos, cambios positivos requieren años para consolidarse. Esto es relevante pues, ante una evaluación temprana de una política pública, esta podría desecharse, sin verse materializados sus beneficios. Siguiendo esta línea de pensamiento, se desprende la utilidad de la metodología propuesta para la identificación de problemáticas, así como el ahorro de recursos derivados de la experimentación empírica.

Cabe reconocer la limitación del modelado, pues de nueva cuenta, al ser una reducción de variables se deja fuera la contraposición de eventos externos que pudiesen alterar el

sistema de estudio. Mientras que, por otro lado, otra de las limitantes encontradas es la base de datos, no obstante, nos aporta una lección en cuanto a la recolección futura de los mismo.

Finalmente, una de las lecciones más importantes rescatadas durante la investigación es, la necesidad de políticas públicas cuyo enfoque trascienda el discurso de la igualdad. No es suficiente con afirmar que todos tenemos las mismas oportunidades, es necesario reconocer que las mujeres (y entre ellas mismas) parten de distintos lugares y por ende, enfrentan desafíos particulares. El estudio propuesto, más allá de su contenido técnico buscar aportar a esta conversación.

Bibliografía

- [1] Verna Alcalde-González y Simone Belli. “Gestión del conflicto trabajo-cuidados en el ámbito científico-académico: un estudio cualitativo sobre las experiencias de mujeres investigadoras en España”. En: *Revista Española de Investigaciones Sociológicas* 188 (2024), págs. 3-20. DOI: 10.5477/cis/reis.188.3-20.
- [2] Eva Olimpia Arceo Gómez et al. “Negociación y preferencias económicas por género: evidencia experimental en México”. En: *El Trimestre Económico* 85.339 (2018). ISSN: 2448-718X, 0041-3011. DOI: 10.20430/ete.v85i339.523. URL: <https://www.eltrimestreeconomico.com.mx/index.php/te/article/view/523>.
- [3] Cinzia Arruzza, Tithi Bhattacharya y Nancy. Fraser. *Manifiesto de un feminismo para el 99 %*. Herder, 2019.
- [4] Peter L. Berger, Thomas Luckmann y Hadis. *La construcción social de la realidad*. Amorrortu editores, 2003. ISBN: 950-518-009-8.
- [5] Raymundo M. Campos-Vazquez y José Daniel Gutiérrez Dorantes. “Movilidad social y género: un análisis por entidad federativa”. En: *Estudios Económicos de El Colegio de México* (2024). ISSN: 0186-7202, 0188-6916. DOI: 10.24201/ee.v39i1.448. URL: <https://estudioeconomicos.colmex.mx/index.php/economicos/article/view/448>.
- [6] Cristina Carrasco. “El trabajo de las mujeres: producción y reproducción (Algunas notas para su reconceptualización)”. En: *Cuadernos de economía* 20 (1992), págs. 95-109. ISSN: 0210-0266.

- [7] Irene Casique y Roberto Castro. *Expresiones y contextos de la violencia contra las mujeres en México resultados de la Endireh 2011 en comparación con sus versiones previas 2003 y 2006*. Instituto Nacional de las Mujeres Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, 2014. ISBN: 978-607-7825-52-4.
- [8] Liliana Ibeth Castañeda Rentería y Karla Contreras. “Apuntes para el estudio de las identidades femeninas. El desafío entre el modelo hegemónico de feminidad y las experiencias subjetivas”. En: *Intersticios Sociales* (2017). DOI: 10.55555/IS.13.110. URL: <http://148.202.248.171/colegiojal/index.php/is/article/view/110>.
- [9] Guillermo Cejudo et al. *Problemas, decisiones y soluciones. Enfoques de política pública*. Ene. de 2010, pág. 392. ISBN: 9786077843047.
- [10] Sara Clifton M. et al. “Mathematical model of gender bias and homophily in professional hierarchies”. En: *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science* (2019). DOI: 10.1063/1.5066450.
- [11] Nobel Prize Committee. *History helps us understand gender differences in the labour market*. Inf. téc. Nobel Prize Committee, 2023.
- [12] INSTITUTO MEXICANO PARA LA COMPETITIVIDAD. *Más mujeres, mayor crecimiento*. <https://imco.org.mx/mas-mujeres-mayor-crecimiento/>. 2025.
- [13] Consejo Internacional de Enfermeras. *Nuevos informes revelan que las enfermeras están mal pagadas, infravaloradas y sufren una brecha salarial de género mayor que en otros sectores*. Consultado el 25 de mayo de 2025. 14 de jul. de 2022. URL: <https://www.icn.ch/es/noticias/nuevos-informes-revelan-que-las-enfermeras-estan-mal-pagadas-infravaloradas-y-sufren-una#:~:text=Como%20respuesta%20a%20las%20conclusiones,ha%20estado%20mal%20pagada%20hist%C3%B3ricamente>.
- [14] Wikipedia contributors. *Función sigmoide*. Última modificación el 22 de marzo de 2024. Consultado el 1 de abril de 2025. 2024. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Funci%C3%B3n_sigmoide.

- [15] Rodríguez Martínez Daniela. “Las mujeres en el mercado laboral mexicano: un acercamiento general”. En: *Revista de Economía Mexicana* 9 (2024), págs. 181-212.
- [16] Claudia Deane et al. *Women and Leadership: Public Says Women are Equally Qualified, but Barriers Persist*. Inf. téc. Washington, D.C.: Pew Research Center, ene. de 2015. URL: <https://www.pewresearch.org/>.
- [17] Jaquelynne S. Eccles, Janis E. Jacobs y Rena D. Harold. “Gender Role Stereotypes, Expectancy Effects, and Parents’ Socialization of Gender Differences”. En: *Journal of Social Issues* 46 (1990). DOI: 10.1111/j.1540-4560.1990.tb01929.x. URL: <https://spssi.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1540-4560.1990.tb01929.x>.
- [18] Nancy Fraser. *Los talleres ocultos del capital: un mapa para la izquierda*. Traficantes de sueños, 2020. ISBN: 978-84-121259-2-4.
- [19] Claudia Goldin. “The U-shape Female Labor Force Funcion in Economic Development and Economic History”. En: *NBER Working Paper* 4707 (1994).
- [20] Talía Gómez Yepes et al. “Feminismo y Activismo de Mujeres: Síntesis histórica y Definiciones conceptuales”. En: *CALIDAD DE VIDA Y SALUD* 12 (2019), págs. 48-61. ISSN: 1850-6216. URL: <http://revistacdvs.uflo.edu.ar/index.php/CdVUFL0/article/view/173>.
- [21] Stanley I. Grossman. *Algebra Lineal*. McGraw-Hill, 2007. ISBN: 0-03-097354-6.
- [22] Morris W. Hirsch, Stephen. Smale y Robert L. Devaney. *Differential Equations, Dynamical Systems, and an Introduction to Chaos*. Elsevier, 2013. ISBN: 978-0-12-382010-5. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/C20090611600>.
- [23] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). *CUENTA SATÉLITE DEL TRABAJO NO REMUNERADO DE LOS HOGARES DE MÉXICO (CSTNRHM) 2023*. Accedido: 15 Octubre de 2024. 2024. URL: <https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia/9429>.

- [24] Instituto Nacional de las Mujeres (INMUJERES). *La participación de las mujeres en el mercado laboral mexicano. Efectos en el corto plazo de la pandemia COVID-19*. Accedido el 20 de Octubre de 2024. 2020. URL: http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/BA6N12.pdf.
- [25] Aleksandra Kollontái. “Los fundamentos sociales de la cuestión femenina.” En: *Marxists Internet Archive* (1907). URL: <https://www.marxists.org/espanol/kollontai/index.htm>.
- [26] Marta Lamas. “La antropología feminista y la categoría "género"”. En: *Nueva Antropología* III.30 (1986). ISSN: 0185-0636.
- [27] Felipe de Jesús Lara-Rosano, Alejandro Gallardo Cano y Almanza Márquez Silvia. *Teorías, métodos y modelos para la complejidad social: Un enfoque de sistemas complejos adaptativos*. Comunicación Científica; unam, 2021.
- [28] Stephen Lynch. *Dynamical Systems with Applications using Python*. Manchester, UK: Springer International Publishing AG, 2018.
- [29] Miguel Ángel Talamas Marcos. “Grandmothers and the gender gap in the Mexican labor market”. En: *Journal of Development Economics* 162 (2023). ISSN: 0304-3878. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2022.103013>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304387822001559>.
- [30] Claudia Mazzei. “Producción y Reproducción: la mujer y la división socio- sexual del trabajo.” En: *Rumbos TS* (2013). ISSN: 0718-4182.
- [31] Mónica E. Orozco. “Propuesta para un Sistema de Cuidados”. En: *Centro de Estudios Espinosa Yglesias* (2024).
- [32] OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual). *Brecha de género en la innovación: Análisis del fenómeno de “leaky pipeline”*. Accedido: 13 enero 2025. n.d. URL: https://www.wipo.int/about-ip/es/ip_innovation_economics/gender_innovation_gap/gender-gap-challenges-uk.html.
- [33] Marcela Lagarde y de los Ríos. *Claves feministas para la autoestima de las mujeres*. horas y HORAS, 2000. ISBN: 84-87715-86-9.

- [34] Hindy Lauer Schachter. “Women in Public Administration: Giving Gender a Place in Education for Leadership”. En: *Administration & Society* 49.1 (2017), págs. 143-158. DOI: 10.1177/0095399713519098.
- [35] George F. Simmons. *Differential Equations with Applications and Historical Notes, Third Edition*. Chapman y Hall/CRC, 2016. ISBN: 978-1-315-37182-5. URL: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781315371825>.
- [36] Marta Macho Stadler. *Mujeres en STEM. Desde la educación básica hasta la carrera laboral*. Mar. de 2024. URL: <https://mujeresconciencia.com/2024/03/08/mujeres-en-stem-desde-la-educacion-basica-hasta-la-carrera-laboral/>.
- [37] Organización Internacional del Trabajo. *Los cuidados en el trabajo en México*. <https://webapps.ilo.org/> Consultado el: 25 de Marzo de 2025. 2023.

