



Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco

Doctorado en Ciencias Sociales

Área de Economía y Gestión de la Innovación

Tesis Doctoral

**Vinculación Universidad-Empresa y productividad científica: el
caso de los investigadores mexicanos**

Presenta: Maestro Noé Becerra Rodríguez

Asesores: Dr. Arturo Torres Vargas

Dra. Gabriela Dutrénit Bielous

Diciembre 2014

Contenido

Dedicatoria	11
Agradecimientos	13
1. Introducción	15
1.1 Antecedentes	15
1.2 Objetivos y preguntas de investigación.....	20
1.3 Aportes de la investigación	23
1.4 Estructura de la tesis.....	24
Capítulo 2: Vinculación Universidad-Empresa y productividad científica.....	27
2.1 Introducción	27
2.2 Enfoques teóricos para el estudio de la VUE desde la perspectiva de los investigadores académicos.....	30
2.2.1 La aproximación de Capital Humano Científico y Técnico	30
2.2.2 La Visión Basada en los Recursos	34
2.2.3. El Enfoque Institucional	37
2.2.5 Discusión de los enfoque teóricos sobre la VUE.....	41

2.3 Los investigadores académicos y la VUE: estudios empíricos.....	44
2.3.1 Aproximaciones empíricas.....	44
2.3.2 Reflexión sobre los estudios empíricos de la VUE.....	49
2.4 Literatura sobre VUE y productividad científica.....	51
2.4.1 Determinantes de la productividad científica	53
2.4.2 La relación entre la VUE y la productividad científica	57
2.4.3 Discusión de la literatura sobre VUE y productividad de los investigadores académicos.....	63
2.5 Conclusiones y discusión.....	67
Capítulo 3: Estrategia metodológica.....	71
3.1 Introducción	71
3.2 Marco analítico y definición de variables	76
3.2.1 Variable resultado: productividad académica	78
3.2.2 Variables explicativas	79
3.2.4. Variables de control	82
3.2.4 Variables contextuales	83
3.3 Diseño de Investigación.....	84
3.3.1 La Encuesta.....	85
3.3.2. Base de datos bibliométricos	88
3.4 Estrategia operativa de investigación.....	89
3.4.1 Perfil de la muestra	89

3.4.2 Análisis de la información	91
Capítulo 4: Determinantes de la productividad científica: evidencia de investigadores académicos mexicanos.....	99
4.1 Introducción	99
4.2 Variables y modelo econométrico	100
Variables resultado.....	100
Variables explicativas y de control	101
4.4 Resultados empíricos	104
4.4.1 Análisis de los artículos publicados.....	105
4.4.2 Análisis del número de citas	109
4.4.3 Análisis del factor de impacto.....	113
4.5 Conclusiones y discusión.....	116
Anexo 1. Estadísticas de las variables empleadas en los modelos	124
Capítulo 5: Modalidades de vinculación universidad-empresa y la productividad científica.....	131
5.1 Introducción	131
5.2 Variables y modelo econométrico	133
Variables resultado.....	133
Variables explicativas y de control	133
5.3 Resultados empíricos	134
5.3.1 Modalidades de VUE y publicación de artículos científicos	135

5.3.2 Modalidades de VUE y número de citas.....	139
5.3.3 Modalidades de VUE y factor de impacto en revistas	142
5.4 Conclusiones y discusión.....	143
Anexo 2. Correlación entre modalidades de VUE.....	151
Capítulo 6: Extensión del análisis de la productividad científica con otros productos de la investigación.....	153
6.1 Introducción	153
6.2 Variables y modelo econométrico	154
Variables resultado.....	154
Variables explicativas y de control	155
6.3 Resultados empíricos	156
6.3.1 Productividad científica y capítulos de libros.....	156
6.3.2 Productividad científica y tesis de doctorado	162
6.4 Conclusiones y discusión.....	164
6.4.1. Hallazgos sobre capítulos de libros.....	166
6.4.2 Hallazgos sobre tesis de doctorado	168
Anexo 3. Estadística descriptiva sobre capítulos de libros y tesis dirigidas	173
7. Exploración cuantílica de la productividad científica	175
7.1 Introducción	175
7.2. La regresión cuantílica.....	176
7.3 Variables y modelo econométrico	178

Variables resultado.....	178
Variables explicativas y de control	178
7.4 Resultados empíricos	179
7.4.1 Análisis cuantílico de artículos publicados.....	179
7.4.2 Análisis cuantílico de número de citas.....	184
7.4.3 Análisis cuantílico del factor de impacto.....	188
7.5 Conclusiones y discusión	192
Anexo 4. Gráficas de las regresiones cuantílicas.....	195
Capítulo 8: Conclusiones y reflexiones finales.....	201
Bibliografía	211
Anexo 5. Cuestionario aplicado a los investigadores académicos.....	219

Figuras, gráficas y tablas

Figuras y gráficas

Figura 2.1. Hipótesis de la relación entre VUE y productividad científica

Figura 3.1 Marco analítico de la investigación

Figura 3.2 Diseño de Investigación

Gráfico 4.1 Histograma del número de artículos publicados

Gráfico 4.2 Histograma del número de citas

Gráfico 4.3 Histograma de factor de impacto

Gráfica 6.1 Histograma de tesis de doctorado asesoradas

Gráfica 6.2 Histograma de capítulos de libros

Gráfica 7.1 Estimación cuantílica para el número de artículos (valores Z de los coeficientes)

Gráfica 7.2. Estimación cuantílica para el número de artículos (valores Z de los coeficientes), cont.

Gráfica 7.3 Estimación cuantílica para el número de citas (valores Z de los coeficientes)

Gráfica 7. 4. Estimación cuantílica para el número de citas (valores Z de los coeficientes), cont.

Gráfica 7.5. Estimación cuantílica para el factor de impacto (valores Z de los coeficientes)

Gráfica 7.6. Estimación cuantílica para el factor de impacto (valores Z de los coeficientes), cont.

Tablas:

Tabla 2.1 Componentes del Capital Humano Científico y Técnico

Tabla 2.2 Evolución de la Visión Basada en los Recursos

Tabla 2.3 Enfoques teóricos para la VUE desde la perspectiva de los investigadores académicos

Tabla 2.4 Estudios empíricos de VUE desde la óptica de los investigadores académicos

Tabla 2.5 Literatura sobre determinantes de la productividad científica

Tabla 2.6 Hipótesis y efectos de VUE en la productividad científica

Tabla 2.7 Literatura sobre la relación entre VUE y productividad científica

Tabla 4.1. Variables explicativas usadas en las estimaciones econométricas

Tabla 4.2 Determinantes de la publicación de artículos

Tabla 4.3 Determinantes del número de citas

Tabla 4.4. Determinantes del factor de impacto

Tabla 4.5 Impacto de los determinantes de la productividad científica

Tabla 4.6 Estadística descriptiva para VUE y productividad científica

Tabla 4.7 Diagnóstico de colinealidad entre variables explicativas

Tabla 4.8 Correlación entre variables explicativas

Tabla 4.9 Correlación entre variables resultado

Tabla 4.10 Estadísticas de las variables resultado por género

Tabla 5.1 VUE y publicación de artículos científicos

Tabla 5.2 VUE y número de citas

Tabla 5.3 VUE y factor de impacto

Tabla 5.7 Correlación entre las modalidades de VUE

Tabla 6.1 Determinantes de la productividad en capítulos de libros

Tabla 6.2 VUE y productividad en capítulos de libros

Tabla 6.3 Determinantes de la productividad en tesis de doctorado

Tabla 6.4 VUE y productividad en tesis de doctorado

Tabla 6.5 Determinantes de la productividad científica en tesis y capítulos de libros

Tabla 6.6 VUE y productividad en tesis y capítulos de libros

Tabla 7.1 Regresiones cuantílicas para número de artículos publicados, coeficientes estimados

Tabla 7.2 Regresiones cuantílicas para número de citas, coeficientes estimados

Tabla 7.3 Regresiones cuantílicas para factor de impacto, coeficientes estimados

Dedicatoria

A mis padres por su ejemplo y comprensión

A mis hermanos por su apoyo incondicional

Agradecimientos

Agradezco de manera muy especial a mis asesores de tesis, la Dra. Gabriela Dutrénit Bielous y el Dr. Arturo Torres Vargas por su apoyo y enseñanzas a lo largo del desarrollo de esta tesis. Sus observaciones y consejos favorecieron tanto el desarrollo de la investigación como mi formación profesional.

Deseo manifestar mi agradecimiento a los profesores del Área de Economía y Gestión de la Innovación que compartieron sus conocimientos y experiencia durante todo el posgrado.

Agradezco también a los lectores de la tesis: Dra. Claudia González-Brambila, Dr. René Rivera Huerta, Dr. José Miguel Natera Marín, Dra. Rosalba Casas y la Dra. Angélica Buendía, sus comentarios y observaciones contribuyeron de manera sustancial a mejorar el documento final.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca que hizo posible mi formación como Doctor. Finalmente, finalmente agradezco a la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco por darme la gran oportunidad de participar en el Doctorado en Ciencias Sociales.

A todos ellos,

¡Muchas gracias!

1. Introducción

1.1 Antecedentes

Desde la emergencia del constructo de Sistema Nacional de Innovación (SNI) (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Nelson, 1993) su uso se ha generalizado como herramienta teórico-conceptual para analizar el proceso de innovación. Éste es reconocido como un ingrediente fundamental para fortalecer la capacidad nacional de innovación y de esta manera contribuir el crecimiento económico. De forma sintética, un SNI puede ser definido como un conjunto de agentes (empresas, universidad, gobierno) localizados en un país que interactúan con el objetivo de producir, difundir y usar conocimiento nuevo y económicamente útil (Lundvall, 1992). Tanto los agentes del SNI como sus interacciones resultan una condición necesaria en la generación e introducción de innovaciones en el sector productivo.

Una lección relevante que surge de la literatura sobre los SNI es que la innovación es un proceso social interactivo que tiene lugar en contextos socioeconómicos, institucionales y culturales específicos, de donde se desprende su naturaleza nacional (Lundvall, 1988; Gibbons, Limoges y Nowotny, 1997). Posteriormente ha cobrado también relevancia en análisis en contextos regionales (Malerba, 2002; Belussi, Sammarra y Sedita, 2010; Adams, Fontana y Malerba, 2013). Además, otras definiciones del SNI destacan la relevancia que tienen las interacciones entre los diversos y heterogéneos agentes (Niosi *et al.*, 1993; Edquist, 1997).

Por otro lado, existe también amplia evidencia de que la producción y difusión del conocimiento resultan mecanismos muy importantes para estimular el desempeño innovador de las empresas. Aunque dicho entendimiento se puede obtener desde diversas fuentes, el conocimiento científico se ha vuelto fundamental debido al reciente avance dinámico en diversos campos de la ciencia que termina impulsando la generación e introducción de novedades tecnológicas. Siguiendo este

argumento, la vinculación de las universidades y los centros de investigación con el sector industrial se presenta como una de las interacciones de mayor relevancia en el funcionamiento del SNI (Mansfield, 1991; Salter y Martin, 2001; Cohen, Nelson y Walsh, 2002).

Desde una perspectiva de análisis a nivel micro, surge el investigador académico como uno de los agentes clave en la operación del SNI, dado que es el actor que se involucra tanto en la producción como en la difusión del conocimiento científico mediante las tareas de vinculación de las universidades y los centros de investigación con las empresas. Debido a la gran relevancia que tienen las actividades de producción y de difusión del conocimiento en el funcionamiento del SNI, un amplio cuerpo de investigación los ha analizado.

En relación a la producción de conocimiento, una vasta línea de literatura ha examinado la productividad científica de los investigadores tomando en cuenta diversos factores explicativos: edad, género y ciclo de vida (Diamond, 1986; Levin y Stephan, 1989; Lissoni *et al.*, 2011); características personales y profesionales (González-Brambila y Veloso, 2007); e incentivos y recompensas académicas (Allison y Stewart, 1974; Turner y Mairesse, 2003; Breschi, Lissoni y Montobbio, 2007). Otros autores han incluido en el análisis la colaboración con otros investigadores o con otras empresas (Landry, Traore y Godin, 1996; Larsen, 2007; Rivera *et al.*, 2011).

Con respecto a la difusión de conocimiento hacia el sector productivo, se reconoce que la Vinculación Universidad-Empresa (VUE) es un engranaje fundamental en el desempeño innovador del sector industrial. La literatura ha analizado el proceso de VUE desde diferentes perspectivas. Algunos estudiosos han examinado este tópico desde el lado de las empresas (Cohen, Nelson y Walsh, 2002; Laursen y Salter, 2004; Tether y Tajar, 2008); otros lo han estudiado desde el punto de vista de los investigadores universitarios (Belkhodja y Landry, 2007; D'Este y Patel, 2007; Giuliani *et al.*, 2010); y algunos otros lo han analizado desde ambas

perspectivas (Bekkers y Bodas Freitas, 2008; Patarapong y Schiller, 2009; Arza y Vazquez, 2010; Dutrénit, De Fuentes y Torres, 2010; De Fuentes y Dutrénit, 2012).¹

Estas dos vertientes de investigación han contribuido de manera importante a mejorar el entendimiento sobre el rol que desempeñan los investigadores académicos tanto en las tareas de producción de conocimiento como en sus actividades de vinculación como difusores del mismo en el marco del SNI. Sin embargo, la agenda pendiente para un mejor entendimiento sobre la interacción entre VUE y producción científica es aún extensa.

En primer lugar, gran parte de la literatura sobre VUE ha identificado una amplia variedad de modalidades de vinculación además de los relacionados con derechos de propiedad intelectual (DPI) como patentes, licencias y *spin-offs*, y la comercialización del conocimiento. Sin embargo, la evidencia de estas investigaciones sugiere que estas modalidades de VUE no resultan las más importantes en naciones desarrolladas ni tampoco en los países en desarrollo (PD); por el contrario, modalidades consideradas como tradicionales² se reportan, tanto por las empresas como por los investigadores académicos, como las más relevantes para el desempeño innovador de las empresas (Cohen, Nelson y Walsh, 2002; Laursen y Salter, 2004; Arza y Vazquez, 2010; Dutrénit, De Fuentes y Torres, 2010; De Fuentes y Dutrénit, 2012).

Además, recientemente ha surgido una línea de literatura dirigida a examinar la relación entre VUE y el desempeño productivo de los investigadores académicos la cual ha levantado una controversia sobre la posibilidad de un *trade-off* entre estas dos actividades, cabe señalar que este debate actualmente sigue abierto. Una primera hipótesis es que los académicos que desarrollan

¹ En México los primeros análisis sobre VUE se remontan a 1996 con una encuesta CONACYT/ANUIES sobre el estado de la colaboración universidad-empresa (Casalet y Casas, 1996) y un estudio sobre el papel de las universidades y CPI en la formación de redes de conocimiento en México (Casas, 2001).

² En el contexto de esta investigación, las modalidades tradicionales de VUE comprenden las actividades de colaboración entre empresas y universidades/centros de investigación que no tienen que ver con Derechos de Propiedad Intelectual ni con la comercialización del conocimiento.

actividades de vinculación impactan negativamente la productividad científica. Ellos mencionan que los científicos que se vinculan con el sector productivo se ven obligados a desarrollar nuevas y variadas labores que los separan de manera importante de la generación de conocimiento científico. Además, aseguran que este tipo de tareas implican el uso de tiempo y recursos que deberían estar centrados en el avance del conocimiento científico, por lo que existiría un costo en términos de productividad científica (Florida, 1999; Buenstorf, 2009; Czarnitzki, Glänzel y Hussinger, 2009; Czarnitzki y Toole, 2009).

En contraste, una segunda hipótesis argumenta que los académicos que se involucran en tareas de VUE incrementan su nivel de productividad tanto en término de cantidad como de calidad (Breschi, Lissoni y Montobbio, 2007; Lowe y González-Brambila, 2007; Zucker y Darby, 2007; Rivera *et al.*, 2011). Ellos sostienen que los científicos que se vinculan con las empresas obtienen acceso a recursos y equipo especializado. Sugieren además que la interacción con el sector productivo puede estimular la generación de ideas para nuevos proyectos de investigación. Todos estos elementos impactarían positivamente en la productividad científica del investigador académico individual.

Una tercera hipótesis con respecto al impacto de la VUE sobre la productividad científica ha mostrado sólida evidencia de una relación cuadrática entre estas dos variables (Larsen, 2007; Fabrizio y Di Minin, 2008; Crespi *et al.*, 2011). Bajo esta aproximación se postula que la vinculación tiene un efecto positivo hasta llegar a un determinado umbral, a partir del cual se pierde el efecto benéfico e incluso se torna perjudicial.

En esta discusión se pueden notar algunos aspectos pendientes de un análisis más fino. En primer término casi todos los estudios sobre la relación entre estas dos variables se han realizado para el caso de países desarrollados, dejando de lado el caso de los PD. Sin embargo, para estos últimos, el análisis de esta interacción dentro del SNI resulta fundamental si se considera el objetivo de estimular procesos de *catching-up*. Una comprensión más profunda de cómo se relacionan la

vinculación con el sector productivo y la generación de conocimiento puede contribuir en el logro de esta clase de saltos tecnológicos.

En segundo lugar, gran parte de la investigación previa sólo ha considerado dentro del análisis las modalidades de vinculación relacionados con los DPI, comercialización del conocimiento o actividad emprendedora de los académicos (trabajar para una empresa o ser contratado por ella). Empero, como se señaló anteriormente, varios estudios han mostrado que las modalidades de vinculación llamadas “tradicionales” resultan más importantes y frecuentes tanto en los PD como en los países desarrollados (Faulkner y Senker, 1994; Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998; Cohen, Nelson y Walsh, 2002; D'Este y Patel, 2007).

Finalmente, una tercera debilidad en este cuerpo de investigación tiene que ver con la definición de la productividad científica. Normalmente se ha usado un conjunto de indicadores para medir la productividad de los investigadores como: patentes, artículos científicos, citas y factor de impacto de las revistas. Esta valoración de productividad, sin embargo, ha ignorado otros productos de la actividad académica menos visibles pero que igualmente incrementan el acervo científico mediante el desarrollo de capital humano como el número de tesis de doctorado y la cantidad de capítulos de libros publicados, que resultan relevantes en algunas disciplinas científicas. Además, diversos estudios han encontrado evidencia robusta sobre la escasa importancia de la VUE en la generación de patentes para el caso de los PD por lo que es necesario incluir otra clase de productos al evaluar la productividad científica en estos países (Patarapong y Schiller, 2009; Arza y Vázquez, 2010; Dutrénit, De Fuentes y Torres, 2010).

La posible existencia de un *trade-off* entre la VUE y la productividad científica es un aspecto esencial para entender el funcionamiento del SNI. Si existe un efecto negativo entre la VUE y la productividad científica, el sistema de incentivos debería apuntar a controlar las actividades de transferencia de conocimiento desde las universidades hacia las empresas para obtener un equilibrio adecuado entre ellas. Por el contrario si esas actividades se complementan entre sí,

entonces las políticas de innovación podrían estimular ambos procesos para generar un “círculo virtuoso” ciencia-innovación. Este es un tópico fundamental para el caso de los PD dado que enfrentan el dilema de fortalecer el acervo nacional de conocimiento y al mismo tiempo promover la interacción con las empresas para impulsar el desempeño innovador. Además, este tipo de análisis resulta particularmente relevante en el caso de los PD, donde la mayor parte de la investigación es financiada con recursos públicos (González-Brambila y Veloso, 2007; Chudnovsky *et al.*, 2008; Ubfal y Maffioli, 2011).

Esta tesis se inserta en las líneas de discusión de dos cuerpos de literatura: *i*) vinculación universidad-empresa, y *ii*) productividad científica. Con respecto a la literatura sobre VUE, en esta investigación se analizan las diferentes aproximaciones teóricas utilizadas para el análisis y explicación de los mecanismos de interacción de los investigadores académicos con las empresas. En relación con el segundo cuerpo de literatura se examinan los avances sobre la productividad científica, tanto desde la perspectiva de sus determinantes como del debate reciente acerca de su relación con la VUE.

1.2 Objetivos y preguntas de investigación

Esta investigación se circunscribe en la discusión sobre la relación entre VUE y la productividad científica, en el marco del SNI. El objetivo general de esta tesis es analizar la relación entre las modalidades tradicionales de la VUE y la productividad científica para una muestra de investigadores académicos mexicanos.

Se entiende por modalidades tradicionales de la VUE aquellas actividades de colaboración entre investigadores académicos y empresas que no están relacionadas con DPI, comercialización del conocimiento o actividad emprendedora del académico. Estas incluyen: contratos de investigación, proyectos de investigación conjunta, entrenamiento y consultorías, entre otras.

Esta tesis intenta también ampliar la definición de productividad científica más allá de indicadores de productividad utilizados por la literatura previa.

A partir de este objetivo general se desprenden los siguientes objetivos particulares:

- Examinar los determinantes de la productividad científica a través de indicadores sobre cantidad de artículos científicos publicados así como de su relevancia.
- Estudiar la relación entre diversas modalidades tradicionales de VUE y la productividad de los investigadores académicos en términos de cantidad y calidad de las publicaciones académicas.
- Extender el análisis de productividad científica mediante la inclusión de otros productos de la actividad científica como la dirección de tesis de doctorado y la publicación de capítulos de libros.
- Explorar la heterogeneidad que se presenta en la productividad científica individual de los investigadores académicos.

Con base en estos objetivos particulares, se establecen las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son los determinantes más importantes de la productividad científica en México?

- ¿Cuál es la relación sistemática entre las modalidades tradicionales de VUE y la productividad científica?
- ¿Qué efecto tienen los determinantes de la productividad científica en la dirección de tesis de doctorado y la generación de capítulos de libros?³
- ¿Qué impacto tienen los determinantes de la productividad científica en la heterogeneidad del desempeño productivo de los investigadores académicos?

El argumento central que sostiene esta tesis es que el efecto -benéfico o perjudicial-, de la VUE sobre la productividad científica no es lineal ni directo y que es necesario discriminar el impacto que tienen las diversas modalidades de VUE sobre los distintos productos del investigador académico. Bajo este supuesto, la diversidad de las modalidades de VUE tendría un efecto diferenciado tanto sobre el nivel de productividad como sobre la calidad de la misma.

Para el logro de los objetivos planteados, esta tesis emplea una metodología combinada de examen de encuestas y análisis econométrico de la productividad de los investigadores. La encuesta fue aplicada durante 2008-2009 y fue respondida por investigadores que trabajaban en universidades y CPI, y que responden a un mismo incentivo relacionado con el reconocimiento y el estímulo económico otorgado por el Sistema Nacional de Investigadores. Dada la inclusión de investigadores de universidades, otros institutos de educación superior y Centros Públicos de Investigación (CPI), el concepto de Vinculación Universidad-Empresa incluye vínculos de investigadores de todo el sistema público de investigación, y no sólo de universidades. El cuestionario permitió recabar datos relevantes sobre: características personales, productividad científica y vinculación con las empresas. Con el propósito de complementar y fortalecer la

³ Inicialmente se incluyó el número de libros publicados pero no dio resultados significativos en las estimaciones econométricas, por lo que se descartó este indicador de productividad.

información reportada por los investigadores en el cuestionario, se construyó una base de datos tomando como fuente primaria la información reportada en los *currículum vitae* (CV) por los académicos pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores integrados en el CONACYT. Toda esta información se corroboró con la base de datos de SCOPUS para verificar los datos obtenidos y tomar en cuenta en el análisis sólo publicaciones indexadas.

En el contexto de esta investigación se define el concepto de investigador académico como el profesional cuyas tareas implican la generación de conocimiento científico, y que labora en universidades o centros de investigación.

El análisis estadístico se basa en técnicas de modelación econométrica que incluyen modelos lineales generalizados y regresiones cuantílicas.

1.3 Aportes de la investigación

Esta tesis tiene como propósito analizar la relación sistemática entre VUE y la productividad científica. En particular apunta a discriminar el efecto de la heterogeneidad de las modalidades de VUE sobre los diversos productos de la actividad académica del investigador académico. Como objetivos complementarios se exploran los determinantes de la productividad y se analiza la sesgada distribución que existe en la producción científica.

En relación a los determinantes de la productividad científica, la aproximación analítica de esta tesis difiere de los estudios anteriores en dos aspectos fundamentales. En primer término centra el análisis en una diversidad de modalidades de VUE como variables explicativas de la productividad científica. Además enfatiza la importancia de las modalidades tradicionales de VUE en el entorno de los PD, en contraposición con los de tipo comercialización del

conocimiento o relacionados con los DPI, que son los más analizados en los estudios realizados en países desarrollados.

En segundo lugar, esta investigación busca extender la definición y medición del concepto de productividad científica. La ponderación de la productividad de los investigadores académicos empleada en los estudios previos no toma en cuenta otros productos de la actividad académica, como son el número de tesis de doctorado dirigidas, que contribuyen al desarrollo de capital humano especializado, y los capítulos de libro publicados por los investigadores. Dado que este tipo de resultados contribuyen al acervo de conocimiento, esta investigación sostiene que es necesario incluirlos, como elementos adicionales de la productividad científica. Además, actualmente los sistemas de evaluación de los investigadores en México, como el Sistema Nacional de Investigadores, dan un gran énfasis a la dirección de tesis doctorales y las consideran como un requisito en la valoración de la actividad del investigador.

Finalmente una tercera aportación de esta tesis al cuerpo de investigación sobre productividad científica tiene que ver con la exploración sobre la extrema disparidad en la productividad científica individual de los investigadores académicos. Esto se desarrolla a partir de un conjunto de regresiones cuantílicas. Este análisis permitió observar el efecto de las variables explicativas a lo largo de los cuantiles de la distribución de los indicadores de productividad empleados en el análisis.

1.4 Estructura de la tesis

La tesis está dividida en ocho capítulos. Después de esta introducción, el capítulo 2 presenta los cuerpos de literatura que apuntalan conceptualmente este trabajo. En el primer apartado se revisa la literatura sobre VUE tanto desde la perspectiva teórica como desde los estudios empíricos. Un segundo apartado se aboca a examinar el cuerpo de investigación sobre la productividad científica desde dos vertientes principales. Primero se inspecciona la literatura sobre los

determinantes de la productividad científica y en segunda instancia se analiza el debate reciente sobre la existencia de un *trade-off* entre VUE y productividad. Esta revisión resulta fundamental ya que permite: *i*) contextualizar el problema de investigación; *ii*) identificar el estado del arte sobre el tópico eje de este trabajo; y *iii*) situar la tesis en el marco de la discusión sobre VUE y productividad científica.

El capítulo 3 presenta la aproximación metodológica empleada para el desarrollo de esta tesis y está dividida en tres apartados. En el primer apartado se presenta la definición del marco analítico y la caracterización de las variables relevantes para el análisis planteado. Se continúa con la definición del diseño de investigación que contiene la descripción y manejo de los datos obtenidos mediante la encuesta referida y el análisis bibliométrico del desempeño productivo de los investigadores académicos. En el último apartado de este capítulo se discute la estrategia operativa de la investigación. La primera parte de esta sección describe la muestra que se utiliza para la obtención de los datos, mientras que en la segunda se describen las técnicas de análisis de la información. Dentro de este apartado también se detalla la estrategia seguida en la construcción de la base de datos para el análisis bibliométrico que incluye el número de artículos, cantidad de citas, factor de impacto de las revistas, tesis dirigidas y capítulos de libros.

El análisis empírico está contenido en los capítulos 4, 5, 6 y 7. En el capítulo 4 se examinan los determinantes de la productividad científica. En esta parte, mediante modelos de regresión se estima el efecto de las variables que de acuerdo con el cuerpo de literatura previo han mostrado un efecto notable como factores explicativos de la producción científica. En los modelos econométricos se consideran como variable respuesta: la cantidad de artículos publicados, el número de citas, el factor de impacto en revistas indexadas. En tanto que las variables explicativas abarcan características personales de los investigadores académicos. Para el examen de los datos se emplean modelos lineales generalizados con función de enlace binomial negativa en el caso del número de artículos y la cantidad de citas, mientras que para el factor de impacto la función de enlace es una distribución gama.

El capítulo 5 contiene el eje de análisis de esta tesis pues se analiza el efecto de la VUE sobre la productividad científica mediante la introducción de cuatro modalidades tradicionales de VUE como variables predictoras. Se incorporan en el análisis modalidades de vinculación tradicionales como son: proyectos de investigación contratada, consultoría, investigación conjunta y entrenamiento, en tanto que se mantiene el conjunto de variables explicativas utilizadas en el capítulo 4. Para los modelos econométricos se emplean MLG con función de enlace de distribución binomial negativa y gama.

En el capítulo 6 se analiza la productividad científica usando como variables resultado el número de tesis de doctorados dirigidas y el número de capítulos de libros publicados por los investigadores académicos y se emplea el mismo conjunto de variables explicativas empleado en los capítulos 4 y 5. La metodología econométrica consiste en modelos lineales generalizados con función de enlace para la distribución binomial negativa.

La exploración sobre la heterogeneidad de la producción científica se desarrolla en el capítulo 7. Para la construcción de este examen exploratorio se emplean como variables respuesta el número de artículos científicos, la cantidad de citas recibidas y el factor de impacto de las revistas donde publican los investigadores académicos. Como variables explicativas se consideran los factores personales de los científicos así como las cuatro modalidades de VUE. La estrategia econométrica que se emplea para el análisis de los datos es la regresión cuantílica.

Finalmente, el capítulo 8 concluye con un ejercicio de reflexión y discusión que apunta a ofrecer una panorámica integrada de los hallazgos obtenidos en la investigación. Asimismo, con base en los resultados empíricos, el capítulo propone implicaciones tentativas de política y recomendaciones para investigaciones futuras sobre la dinámica entre la VUE y la productividad científica.

Capítulo 2: Vinculación Universidad-Empresa y productividad científica

2.1 Introducción

Existe amplio consenso sobre el rol fundamental que juega la innovación en el desempeño económico de las empresas y los países. La búsqueda de competitividad basada en el uso óptimo de los insumos productivos ha sido trasladada hacia la introducción de innovaciones de producto, de proceso, organizacionales y de mercado (OECD, 2005). Sin embargo, las actividades de innovación resultan complejas y de una alta incertidumbre, por lo que para analizarlas se han construido una serie de herramientas conceptuales. Uno de los avances más significativos en esta área es el desarrollo del concepto de Sistema Nacional de Innovación (SNI).

En la literatura sobre los SNI se distinguen dos perspectivas respecto al énfasis principal que tiene la definición del concepto. Mientras que algunos autores enfatizan la importancia de las instituciones (Nelson, 1993; Patel y Pavitt, 1994; Metcalfe, 1995), otros resaltan el papel de las interacciones en el funcionamiento del SNI (Freeman, 1987; Lundvall, 1992). En función del objetivo planteado para esta investigación, se define esta categoría conceptual como el conjunto de agentes y relaciones que interactúan en la producción, difusión y uso de conocimiento nuevo que resulta económicamente útil y que se encuentran localizados en un país específico (Lundvall, 1992).

Dentro del SNI, las actividades de los agentes y sus interacciones son los elementos fundamentales para la creación y uso del conocimiento con propósitos económicos. Dado el notable papel que desempeña el conocimiento científico en los procesos de innovación, las

universidades y los CPI resultan elementos sumamente valiosos pues son los principales generadores y difusores del mismo. Filtrando el análisis a un nivel micro, se advierte que los investigadores académicos son agentes clave en el proceso de generación y transferencia de ese conocimiento. Por este motivo, resulta relevante enfocar el examen de las interacciones a este nivel, y estudiar su desempeño tanto en relación a las vinculaciones que establecen con las empresas como al impacto de la vinculación sobre la productividad científica individual.

Sin embargo, a pesar de la importancia que tienen los investigadores académicos en la difusión del conocimiento para los procesos de innovación, sólo recientemente se ha desarrollado una corriente de literatura que analiza este fenómeno. Así, por ejemplo, para estudiar la Vinculación Universidad-Empresas (VUE), desde la perspectiva de los investigadores, Boardman y Ponomariov (2009) analizan un cuestionario aplicado a nivel nacional a científicos estadounidenses relativo a las actividades de vinculación con las empresas; en tanto que D'Este, Nesta y Patel (2005) examinan el mismo tema en Reino Unido mediante una encuesta nacional a investigadores académicos. En el caso de los PD se han hecho pocos estudios y la mayor parte de ellos se han focalizado en indagar sobre el papel de las empresas en el proceso de vinculación, en tanto que la perspectiva de los investigadores ha sido menos analizada.

Otra variable clave en la operación del SNI es la producción del conocimiento que funciona como insumo primario en los proyectos de innovación de las empresas. La literatura relacionada con este tópico se ha centrado en el análisis de la productividad de los investigadores usando variables de tipo personal y profesional (Levin y Stephan, 1989; Kyvik, 1990; Long, 1992; Baser y Pema, 2004; Hall, Mairesse y Turner, 2007; Jones, 2010; Lissoni *et al.*, 2011). Otra línea de investigación ha analizado el efecto de los incentivos y recompensas académicas (Allison y Stewart, 1974; Turner y Mairesse, 2003; Breschi, Lissoni y Montobbio, 2007); y sólo recientemente se han tomado en consideración las actividades de vinculación de los académicos con las empresas o con otros investigadores (Landry, Traore y Godin, 1996; Dietz y Bozeman, 2005; Lee y Bozeman, 2005; Larsen, 2007). Con respecto a los PD, la literatura sobre este tópico también es escasa (Garg y Rao, 1988; González-Brambila y Veloso, 2007; Rivera *et al.*, 2011).

Esta tesis estudia la relación entre la VUE y la productividad científica de los investigadores académicos en el contexto del SNI. Se analizan las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son los determinantes más importantes de la productividad científica en México? ¿Cuál es la relación sistemática entre las modalidades tradicionales de VUE y la productividad científica? ¿Qué efectos tienen los determinantes de la productividad científica en la dirección de tesis de doctorado y la publicación de artículos de libros? ¿Qué impacto tienen los determinantes de la productividad científica en la heterogeneidad del desempeño productivo de los investigadores académicos?

Para el cumplimiento de los objetivos de esta investigación, una primera etapa es la revisión de la literatura relacionada con los tópicos considerados en el análisis. En este capítulo se documenta la exploración de las diversas líneas de literatura que dan soporte teórico-conceptual a la tesis.

El primer cuerpo de investigación está relacionado con los enfoques teóricos que se han utilizado para estudiar la VUE desde la perspectiva de los investigadores académicos. La revisión de esta literatura está dirigida a establecer un marco de análisis de la VUE sobre todo para PD. Se explora la pertinencia de estas aproximaciones para estos países y principalmente para el caso de México. El objetivo de esta revisión es rescatar los elementos de cada enfoque que permitan analizar el rol de los investigadores en el proceso de VUE y su impacto en la productividad científica. Esta literatura se revisa en la sección 2.2.

El segundo cuerpo de literatura que se explora está relacionado con los estudios empíricos sobre la VUE, desde la perspectiva de los investigadores académicos. En esta sección se persigue revisar el tipo de variables usadas y los resultados que han arrojados estos estudios. En la sección 2.3 se resaltan los aspectos más importantes de la VUE, sobre todo los que resultan relevantes para el análisis que se desarrolla en esta tesis.

Un tercer cuerpo de literatura documentado en este capítulo es el relativo a la productividad académica de los investigadores. Este análisis tiene el propósito de explorar los determinantes y aproximaciones metodológicas que se han utilizado para examinar la productividad científica. El propósito es identificar las variables relevantes y evaluar su significancia para el caso que analiza esta tesis. Esta revisión se hace en la sección 2. 4.

2.2 Enfoques teóricos para el estudio de la VUE desde la perspectiva de los investigadores académicos

En esta sección se revisan las aproximaciones teóricas que se han usado para estudiar la VUE desde el lado de los investigadores académicos para explicar la dinámica de la VUE. Los principales enfoques son: Capital Humano Científico y Técnico (CHCyT) (Bozeman, Dietz y Gaughan, 2001; Bozeman y Corley, 2004; Youtie y Shapira, 2008); y la Visión Basada en los Recursos (VBR) (Penrose y Pitelis, 1959; Barney, 1991; Santoro y Chakrabarti, 2002; Van Rijnsoever, Hessels y Vandeberg, 2008); finalmente se revisa el Enfoque Institucional (EI) (Lundvall, 1992; Dasgupta y David, 1994; Etzkowitz y Leydesdorff, 1998).

2.2.1 La aproximación de Capital Humano Científico y Técnico

La aproximación del CHCyT surge a partir del trabajo de Bozeman, Dietz y Gaughan (2001) como una alternativa a las formas estándar de evaluación de la investigación, tanto de investigadores individuales como de proyectos. La finalidad era construir un modelo que no se basara únicamente en los productos de la investigación ni en los resultados intermedios, lo que era característico de los modelos económicos de evaluación, sino que tomara también en cuenta las interacciones y vínculos que establece el investigador con otros científicos y con el sector productivo para incrementar su stock de capital humano y científico.

Los métodos tradicionales para evaluar proyectos de ciencia y tecnología estaban basados en la valoración por iguales (*peer-review*) y en el uso de modelos microeconómicos, principalmente el de análisis costo-beneficio. Pero estos esquemas presentan algunas desventajas. Primero, sólo funcionan cuando se tiene bien delimitado el proyecto a evaluar (por ejemplo un proyecto específico de I+D). Segundo, ofrecen un panorama poco realista porque separan los resultados del proyecto del contexto individual y social en el cual se desarrolla. Tercero, este tipo de evaluaciones tiende a ser estáticas. Los análisis costo-beneficio pueden examinar el flujo de beneficios pero no consideran el aspecto dinámico de los resultados y de los científicos involucrados en los proyectos de investigación. Finalmente, la valoración focalizada en el producto deja de lado el proceso de generación de capacidades en ciencia y tecnología y la generación de conocimiento sostenido e innovación (Bozeman, Dietz y Gaughan, 2001).

El enfoque del CHCyT abarca no sólo la dotación de capital humano individual sino también el conocimiento tácito de los investigadores, el conocimiento artesanal y el *know-how*. Además incluye el capital social que los científicos continuamente obtienen en la actividad generadora de conocimiento, ya que éste es un proceso social y no aislado. En resumen, “es esta noción amplia de capital humano junto con el capital social productivo de red lo que capacita a los investigadores para crear y transformar conocimiento e ideas en formas que no sería posible sin estos recursos” (Bozeman, Dietz y Gaughan, 2001:2).

El modelo de CHCyT propone una interacción entre los recursos internos del científico y su capital social (recursos externos) en un contexto dinámico asociado con el ciclo de vida para evaluar tanto programas de investigación como la conducta de los investigadores individuales.

El primer elemento abarca los recursos internos que están definidos por tres categorías de investigación: habilidades cognitivas, conocimiento científico y técnico formal y competencias contextuales. Las habilidades cognitivas son las relacionadas con el pensamiento abstracto del

investigador y ayudan en la generación de conocimiento y/o solución de problemas (razonamiento matemático, memoria, capacidad de síntesis, entre otras). El conocimiento científico y técnico formal, estaría formado por el saber que se obtiene ya sea mediante la educación formal, por medio de lectura de diversas teorías y explicaciones o, a través de hallazgos de experimentación y/o investigación. Por último, las competencias contextuales se refieren al conocimiento que se adquiere mediante la práctica e incluye conocimiento tácito y habilidades artesanales.

Un segundo elemento incluido en el modelo de CHCyT está compuesto por todos los recursos externos que son relevantes para la producción del conocimiento y la tecnología, es decir, el capital social y la formación de redes. Se reconoce en este enfoque que la generación de conocimiento es un proceso social que involucra al investigador y todo tipo de redes y vínculos que son cualitativamente diferentes. Esas diferencias pueden estar definidas por el contexto institucional del colaborador (industrial, académico) o por el rol que juegan en la interacción (emprendedor, agente de financiamiento, colega científico). El supuesto aquí es que los científicos emplean una amplia variedad de recursos mediante redes que potencian su trabajo.

El tercer componente que caracteriza este enfoque es la relación entre el ciclo de vida y el capital humano científico y técnico individual. Se reconoce en este esquema la evolución del stock de conocimientos del investigador a través de su ciclo de vida productivo, es decir, que el CHCyT individual está cambiando constantemente. Dependiendo del individuo, puede haber más o menos dimensiones de capital (humano y/o social) en cada punto del tiempo en particular y se puede tener un nivel diferente de cada dimensión (Bozeman, Dietz y Gaughan, 2001). La tabla 2.1 resume de manera breve los componentes del CHCyT.

En relación a la conducta del investigador individual en la VUE, la aproximación del CHCyT considera al científico como poseedor tanto de capital humano como social siempre buscando mejorar su stock para el desarrollo de su carrera. En este contexto, la VUE es uno de los

mecanismos que le permiten incrementar tanto su stock de capital humano como el acceso a redes sociales (capital social) que resultan en una mejora en su nivel de productividad y en su desarrollo académico.

Tabla 2.1 Componentes del Capital Humano Científico y Técnico

Componentes del Capital Humano Científico y Técnico	
Recursos internos	Habilidades cognitivas
	Conocimiento científico y técnico formal
	Competencias contextuales
Recursos externos	Capital social
	Formación de redes
Interacción	Relación entre el ciclo de vida y el capital humano científico y técnico individual.

Fuente: elaboración propia

Aunque el modelo fue originalmente concebido para evaluar proyectos de investigación, estudios recientes lo han adaptado como enfoque teórico para explicar la VUE. Por ejemplo Dietz y Bozeman (2005) usan el enfoque de CHCyT para demostrar que las carreras ligadas con el sector industrial se correlacionan positivamente con la producción individual de patentes en comparación con investigadores que no tienen esos vínculos. También Boardman y Corley (2008) analizan el impacto de los factores organizacionales y estructurales de los Centros Universitarios de Investigación sobre la conducta colaborativa de los investigadores (con empresas, otros investigadores o laboratorios. Otros trabajos que se apoyan en el CHCyT son Boardman (2009), quien analiza cómo los diferentes centros universitarios de investigación y factores individuales del investigador afectan a una serie de modalidades de VUE a nivel individual; y Boardman y Ponomariov (2009) quienes estudian el efecto de las características

personales e individuales de los investigadores en el establecimiento de interacciones con empresas privadas.

2.2.2 La Visión Basada en los Recursos

La Visión Basada en los Recursos (VBR) de las empresas tiene sus raíces en los trabajos de Penrose y Pitelis (1959), y Nelson y Winter (1982), y ha sido desarrollada posteriormente por Barney (1991), Prahalad y Hamel (1990) y Teece, Pisano y Shuen (1994), entre otros. El argumento central de este enfoque establece que el funcionamiento de la empresa se puede explicar si se le considera como un conjunto de recursos y capacidades internas que son difíciles de imitar por otras empresas. El desarrollo de estas capacidades les otorga ventaja competitiva sobre las demás empresas. A partir del trabajo seminal de Penrose y Pitelis (1959), diversos autores han retomado y reformulado los conceptos eje de la VBR.

Barney (1991) distingue tres tipos de recursos que permiten a la empresa obtener una ventaja competitiva sostenible: capital físico, capital humano y capital organizacional. Los recursos de capital físico incluyen la tecnología usada por la empresa, la planta y equipo, su localización geográfica y su acceso a materias primas. Los recursos de capital humano incluyen: la capacitación, la experiencia, el juicio, la inteligencia, las relaciones y la perspicacia (*insight*) de los gerentes y trabajadores en la empresa. Por lo que respecta a los recursos de capital organizacional, estos consisten en: la estructura formal de reportes, la planeación formal e informal, los sistemas de control y coordinación y las relaciones informales entre grupos al interior de la empresa y entre ésta y su entorno.

Prahalad y Hamel (1990) consideran que en el corto plazo la competitividad de la empresa se deriva de los atributos del precio y el desempeño del producto. Sin embargo, en el largo plazo, la competitividad se deriva de la construcción de las competencias centrales que generen productos

novedosos, al menor costo y más rápido que los competidores. Las fuentes reales de ventaja se encuentran en la habilidad de la gerencia para consolidar las tecnologías de la empresa y las habilidades de producción en competencias que permitan adaptarse rápidamente a las cambiantes oportunidades del mercado. Otro concepto derivado de la VBR es el de “capacidades dinámicas” de Teece, Pisano y Shuen (1997). Estos autores definen capacidades dinámicas como la habilidad de la empresa para integrar, construir y reconfigurar competencias internas y externas para enfrentar ambientes excesivamente cambiantes. Teece y sus colaboradores identifican tres clases de factores que determinan la competencia distintiva de la empresa y sus capacidades dinámicas: procesos, posición y trayectoria. Las ventajas competitivas radican en sus procesos organizacionales y de gestión, configurados por su posición de activos y las trayectorias disponibles que tiene la empresa en un momento dado. La tabla 2.2 muestra cuatro hitos en la evolución que ha seguido la VBR para el análisis del funcionamiento de las empresas.

Tabla 2.2 Evolución de la Visión Basada en los Recursos

Evolución de la Visión Basada en los Recursos

Penrose (1959)	Recursos y capacidades difíciles de imitar
Prahalad y Hamel (1990)	Capacidades centrales: tecnologías y habilidades de producción para adaptarse al cambiante mercado
Barney (1991)	Tres tipos de recursos: capital físico , humano y organizacional
Teece, Pisano y Shuen (1997)	Capacidades dinámicas: integrar, construir y reconfigurar competencias para enfrentar ambientes cambiantes

Fuente: Elaboración propia

En resumen la VBR sostiene que la ventaja competitiva de las empresas está basada en los recursos y capacidades que genera y acumula y que resultan difíciles de imitar por los

competidores. Este esquema teórico se ha aplicado para analizar diversos aspectos de las empresas: Mowery, Oxley y Silverman (1998) investigan el rol que juegan las capacidades tecnológicas en la elección de proyectos de investigación entre las empresas; Canto, Galende y González (1999) examinan los factores organizacionales que estimulan las actividades de Investigación y Desarrollo en una muestra de empresas de Castilla y León, España; y López y Martín (2008) estudian las variables asociadas con la creación de *spin-off* en una muestra de empresas españolas.

Para explicar por qué los investigadores se interesan en establecer vínculos con las universidades, algunos investigadores se han apoyado en la VBR. Se parte de considerar que los científicos, al igual que las empresas, controlan un conjunto de recursos y capacidades que son desplegados en la vinculación con el objetivo de lograr ventaja competitiva sobre sus colegas. Esta ventaja competitiva está dada por el acceso al financiamiento, la mejora del status académico y el aumento del stock individual de conocimiento (Landry, Amara y Ouimet, 2007; Van Rijnsoever y Castaldi, 2008). La motivación principal que tienen los investigadores para desarrollar actividades de VUE radica en que éstas permiten incrementar las capacidades y recursos del científico individual. Bajo esta perspectiva, la vinculación con el sector productivo funcionaría como un círculo virtuoso donde para establecer esa interacción son necesarios algunos recursos y capacidades de los investigadores, pero al mismo tiempo estas actividades permiten la consolidación e incremento de los mismos.

Diversos estudios se han apoyado en la VBR para analizar la VUE desde la perspectiva de los investigadores académicos. Landry, Amara y Ouimet (2007) examinaron la VUE en Canadá para una muestra de 1554 investigadores de las áreas de Ciencias Naturales e Ingeniería. Estos autores encontraron que los diferentes campos de investigación determinan diferencias notables en la frecuencia de vinculación. Asimismo hallaron que las variables que más impactan a la VUE son: investigación focalizada en las necesidades del usuario y vinculación entre los investigadores.

Van Rijnsoever, Hessels y Vandeberg (2008) utilizaron la VBR para examinar el uso de redes de colaboración entre investigadores y entre éstos y las empresas. Encontraron que las redes con investigadores dentro de la misma facultad o de otras universidades estimulan la carrera académica, en tanto que la interacción con las empresas no lo hace. Además hallaron que durante el curso de la carrera científica del investigador, la actividad de *networking* primero se incrementa y después declina aproximadamente a los 20 años, pero la interacción ciencia-innovación, es decir la VUE, se incrementa continuamente.

2.2.3. El Enfoque Institucional

Otro enfoque teórico usado para analizar la VUE desde la óptica de los investigadores es el enfoque institucional. Éste se refiere al tipo de diseño institucional entre la universidad, la empresa y el gobierno que define las interacciones entre estos agentes para promover el desempeño innovador de las empresas. Se distinguen principalmente tres tipos de configuración institucional: el Sistema Nacional de Innovación (Lundvall, 1992; Nelson, 1993, Freeman, 1987) el modelo de la Triple Hélice (TH) (Etzkowitz y Leydesdorff 1998, 2000), y el enfoque de la Nueva Economía de la Ciencia (NEC) (Dasgupta y David, 1994).

Sistema Nacional de Innovación

La noción de SNI en un inicio se desarrolló como una herramienta conceptual para describir las dimensiones tecnológicas, económicas, sociales e institucionales del proceso innovador en economías avanzadas. Si bien la idea original es de Friedrich List (1841),⁴ Freeman (1982) introdujo el concepto de Sistema Nacional de Innovación en un estudio donde explica la innovación de producto a través de las relaciones de cooperación y coordinación entre los usuarios y los productores de la tecnología. Más adelante, el mismo Freeman (1987) utiliza el

⁴ El concepto de List (1841) de Sistema Nacional de Producción y Aprendizaje tomaba en cuenta un vasto conjunto de instituciones nacionales, incluyendo aquellas ocupadas en educación y capacitación así como infraestructuras como las redes de transporte de personas y mercancías. (List, 1997)

término de Sistema de Innovación bajo un contexto nacional en una revisión sobre el caso japonés. Posteriormente Nelson (1993) aplica el concepto en un estudio comparativo sobre los determinantes de las disparidades entre sistemas nacionales de innovación de varios países, donde resaltan importantes diferencias en características tales como el entramado institucional, la inversión en I+D y las políticas de ciencia y tecnología. El argumento central del SNI es considerar a la innovación como un proceso sistémico.

El análisis del proceso de innovación desde una perspectiva sistémica tiene varias implicaciones, entre las cuales se pueden destacar: a) la innovación es un proceso complejo, no lineal, que involucra la creación y difusión de conocimiento aplicado a la producción de nuevos productos, técnicas de producción y estructuras organizacionales; b) es un enfoque integral que concibe al proceso de innovación como interdisciplinario ya que toma en cuenta factores tanto económicos como institucionales, organizacionales, sociales y políticos; c) la innovación está influida de manera importante por su propia historia de desarrollo en el tiempo (*path dependence*), por lo que las innovaciones son dependientes de la trayectoria tecnológica seguida; y d) los sistemas nacionales son diferentes en función de las características particulares de cada país. (Nelson, 1993; Edquist y McKelvey, 2000)

Posteriormente, y aplicando las mismas categorías analíticas, se han desarrollado enfoques derivados del SNI para estudiar la innovación a diferentes niveles de agregación. Así por ejemplo se pueden citar: Sistema Regional de Innovación (SRI) (Cooke *et al*, 1997), Sistema Sectorial de Innovación (SSI) (Malerba, 2002) y Sistema Tecnológico (ST) (Carlson, y Stankiewicz, 1991).

Modelo de la Triple Hélice

El enfoque de la Triple Hélice (TH) se plantea como un enfoque alternativo para analizar las interacciones entre universidad-empresa-gobierno en el proceso de innovación. Considera que en un contexto de economía basada en el conocimiento la universidad debe desempeñar un rol

proactivo en los esfuerzos innovadores de las empresas. Por esto se debe promover una estrecha colaboración entre la Academia y el sector industrial para enfrentar los retos que implican las nuevas tecnologías, por ejemplo: biotecnología, nanotecnología, nuevos materiales, entre otras (Etzkowitz y Leydesdorff, 1998). La premisa detrás de este tipo de políticas es considerar que el desarrollo de estas nuevas tecnologías sólo se puede lograr combinando equipo y recursos de las empresas con el entendimiento científico que se genera en la academia.

Dentro de la aproximación de la TH se reconocen tres tipos de arreglos institucionales diferentes entre los agentes inmersos en el proceso de innovación. El primer modelo es el estatista, donde el estado alberga a la academia y a la industria y dirige las relaciones entre ellos. Un segundo arreglo (*laissez-faire*) tiene lugar cuando las tres esferas, universidad-industria-gobierno, se encuentran separadas, cada una en su ámbito de competencia y con fuertes fronteras establecidas entre ellas. El tercer tipo de arreglo denota una configuración que se caracteriza por la generación de una infraestructura de conocimiento en términos de esferas institucionales traslapadas, en las cuales cada agente puede tomar el rol de otro agente, dando lugar a un sistema de redes trilateral y a la formación de organizaciones híbridas (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000).

Uno de los aportes más importantes en lo que se refiere a líneas de política que se desprenden del enfoque de la TH es el modelo de la universidad emprendedora. El énfasis se establece en transformar el rol de la universidad e impulsar la comercialización del conocimiento generado en su interior, por lo que se privilegian los tipos de vinculación como patentamiento, licencias, *start-ups* y *spin-offs*. Sin embargo, este enfoque de la universidad emprendedora ha funcionado mejor para países desarrollados, en tanto que sus alcances han resultado más limitados en el caso de los PD, los cuales emplean con más frecuencia modos de VUE tradicionales.

La Nueva Economía de la Ciencia

En contraste con el modelo de la TH, el enfoque de la Nueva Economía de la Ciencia (NEC) rechaza la idea de una relación excesivamente cercana entre la universidad y las empresas.

Dasgupta y David (1994) advierten que las políticas de corto plazo que apuntan a la asignación de recursos hacia la aplicación comercial del conocimiento científico, pueden afectar la capacidad de los países para beneficiarse de los avances científicos.

Estos autores también afirman que la “Ciencia Abierta” (academia) y la “Tecnología Propietaria” (industria) están organizadas de manera distinta y, por lo tanto, son esferas funcionalmente diferentes. Dadas estas condiciones, si se busca maximizar el beneficio social del avance de la ciencia, se debe mantener una apropiada división del trabajo entre las dos. El argumento central de Dasgupta y David (1994) es que la academia y las empresas deben guardar una necesaria distancia pues su lógica de funcionamiento es distinta. Las políticas que promuevan el acercamiento entre la universidad y la industria pueden deteriorar la capacidad de la academia de generar conocimiento en el largo plazo (Nelson, 1993; Florida, 1999; Mowery y Sampat, 2005).

En resumen, desde la perspectiva de los enfoques institucionales, la VUE se considera como una consecuencia del arreglo interinstitucional, donde las normas y expectativas para la producción del conocimiento dirigen la dinámica de los vínculos con el sector productivo. Para la TH la VUE estará focalizada en una fuerte interacción entre Academia y empresas, donde destaca el modelo de la universidad “emprendedora”. Para la NEC, las modalidades de vinculación apropiadas serán las que mantengan una separación entre el sector productivo y la Academia. En tanto que para el SNI lo importante son las interacciones entre los agentes y no establece una separación definida entre Academia y empresas. Bajo esta perspectiva, las modalidades de vinculación que promueven cada uno de estos enfoques serán diferentes, mientras que la TH favorece modalidades de vinculación relativas a la comercialización del conocimiento (*spin-off*, *start-up*, incubadoras de empresas, entre otras), la NEC apoya las modalidades que implican un rol menos empresarial de la universidad (contratos de investigación, capacitación, publicaciones, etc.). Mientras que para el caso del SNI no se privilegia ninguna modalidad de vinculación en particular.

2.2.5 Discusión de los enfoque teóricos sobre la VUE

Los enfoques teóricos sobre la VUE revisados en esta sección muestran el creciente interés de los especialistas de la innovación en la búsqueda de esquemas explicativos de esta interacción entre los agentes del SNI. Todas las aproximaciones aportan elementos valiosos para entender la dinámica de la vinculación y sus determinantes. A continuación se describen algunos elementos relevantes para los fines que persigue la tesis.

Como se mencionó en el apartado 2.2.1, el CHCyT concibe al investigador como poseedor tanto de capital humano (conocimiento y habilidades individuales) como de capital social (redes e interacciones con otros agentes) permeados por el ciclo de vida productivo científico. La propuesta de CHCyT considera que la VUE es un mecanismo utilizado por los investigadores para incrementar ambos stocks de conocimiento, lo que les permite aumentar el nivel de productividad y el desarrollo de sus carreras.

La VBR afirma que la competitividad académica del investigador individual es una función de los recursos y capacidades que posee. Éstos impactan en la propensión que se tiene para desarrollar actividades de vinculación, y a su vez estas actividades incrementan los recursos y capacidades del científico. Sin embargo, la VBR presenta dos limitaciones para el análisis de la VUE. En primer lugar, el concepto de competitividad usado para las empresas resulta inadecuado para el caso de los investigadores. Mientras que las empresas buscan ser competitivas por la obtención de rentabilidad económica, los investigadores académicos ponderan también otro tipo de beneficios no monetarios (estatus académico, reconocimiento). Bajo este supuesto, la producción científica no puede ser analizada sólo en términos de rentabilidad económica para el académico individual. Un segundo inconveniente tiene que ver con la formación de redes de investigadores. En tanto que para las empresas el compartir información o conocimiento devalúa su ventaja competitiva, en el caso de los investigadores este

tipo de actividad crea sinergias que impulsan el avance del conocimiento y el desarrollo de sus carreras.

Es necesario reconocer que las aproximaciones institucionales ofrecen una visión interesante sobre la formación de las modalidades de vinculación, empero el examen en esta tesis es a nivel micro, considerando específicamente al académico individual, y estos enfoques proponen un análisis a una escala más agregada por lo que no resultan ser los más apropiados para abordar las preguntas de investigación planteadas. Por esta razón no se toman conceptos y supuestos del enfoque de la TH ni de la NEC, aunque sí se incorporan algunos elementos del SNI.

Con el propósito de establecer un marco teórico que sustente esta tesis, se retoman algunos conceptos de dos de las aproximaciones revisadas en esta sección. Para el análisis de las actividades de VUE este trabajo se apoya en las nociones y conceptos del SNI. Se parte de la premisa de que existe una relación sistémica, aunque inmadura entre los agentes y que la VUE es uno de los procesos de interacción entre los investigadores académicos y las empresas que facilita incorporar el conocimiento que generan para apoyar al sector productivo en sus esfuerzos de innovación. En este contexto se considera como una interacción fundamental que permite la transferencia de conocimiento de las instituciones académicas hacia el sector industrial y viceversa, los investigadores también pueden recibir conocimiento desde las empresas. Apoyándose en el enfoque del SNI, no se privilegia ningún tipo de vinculación y se asume que todas son importantes como apalancamiento para los proyectos de innovación de las empresas.

En cuanto a la relación entre las modalidades de vinculación con los diversos productos de la actividad científica, el trabajo se apoya en el enfoque CHCyT ya que se asume que los recursos propios de investigador (capital humano) y las interacciones con otros agentes (capital social) determinan la productividad científica individual. La tabla 2.3 muestra los conceptos principales de las corrientes teóricas revisadas en esta sección.

Tabla 2.3 Enfoques teóricos para la VUE desde la perspectiva de los investigadores académicos

<i>Marco Teórico</i>	<i>Autores</i>	<i>Argumento principal</i>	
Aproximación de Capital Humano Científico y Técnico	Bozeman, Dietz y Gaughan (2001) Lee y Bozeman (2005) Boardman y Corely (2008); Boardman (2009)	Los stocks de capital humano y social de los investigadores académicos se incrementan mediante la vinculación con las empresas	Capacidades Colaboración con otros
Visión Basada en los Recursos	Penrose (1959), Barney (1991), Prahalad y Hamel (1990); Teece, Pisano y Shuen (1997) Rijnsoever, Hessels y Vanderberg (2008)	Mediante la interacción con empresas e investigadores, se incrementa el stock de conocimiento que les da ventajas competitivas para el desarrollo profesional	Recursos Redes de conocimiento las empresas
Enfoque Institucional	SNI, Lundvall (1992), Nelson (1993), Freeman (1995) TH, Etzkowitz y Leydesdorff (1997, 2000) NEC, Dasgupta y David (1994)	El arreglo institucional entre la universidad, las empresas y el gobierno, define el tipo de interacciones entre los investigadores y las firmas	Factores Tipo de

Fuente: Elaboración propia

2.3 Los investigadores académicos y la VUE: estudios empíricos

En esta sección se revisan los principales aportes empíricos de la literatura sobre VUE desde la perspectiva de los investigadores.

2.3.1 Aproximaciones empíricas

Uno de los primeros estudios sobre los investigadores académicos y la VUE fue desarrollado por Van Dierdonck *et al* (1990). El objetivo era examinar la actitud de los académicos de Bélgica hacia la VUE y se centró en las Oficinas de Enlace Industrial (OEI) y los Parques Científicos Universitarios (PCU). La estrategia metodológica estuvo dividida en tres fases. Primero, una encuesta aplicada a 231 directores de laboratorios universitarios de 13 universidades de Bélgica (Ciencias, Medicina, Ingeniería y Agricultura). Segundo, un cuestionario dirigido a los jefes de enlace o administradores universitarios encargados de las OEI (ocho en total). Tercero, un cuestionario aplicado a las empresas participantes en los PCU (68 cuestionarios respondidos). Como herramienta de análisis utilizaron estadística descriptiva y análisis factorial. La evidencia mostró los siguientes hallazgos: i) los investigadores tienen una actitud positiva sobre la influencia de la VUE en sus actividades académicas, ii) no detectaron barreras culturales que a priori impidan la VUE, y iii) experiencias anteriores de vinculación afectan de manera positiva la actitud hacia la vinculación.

Una vasta línea de literatura ha estudiado el impacto de los factores individuales y organizacionales sobre la VUE. D'Este y Patel (2007) aplicaron una encuesta a investigadores académicos para examinar como evaluaban las modalidades de VUE en el Reino Unido. Las variables independientes que usaron son: las características individuales de los investigadores, del departamento y de la universidad. Como estrategia

metodológica usaron estadística descriptiva y regresión logística ordinal. Encontraron que el 40% de los encuestados sí mantenían VUE al menos una vez entre 2002-2003. Además, la proporción de investigadores que se vinculan varía de acuerdo a las disciplinas científicas, por ejemplo el nivel de interacción es más alto para disciplinas de ingeniería si se compara con matemáticas y física. Sus resultados indican que los investigadores académicos se vinculan con las empresas utilizando una variedad de canales, donde los relativos a propiedad intelectual no resultaron los más importantes (patentes, licenciamiento y empresas spin-off). Por otro lado su evidencia sugiere que las características individuales de los investigadores tienen un impacto más fuerte que las características de los departamentos o las universidades para explicar la frecuencia y la variedad de vinculación con las empresas. Entre las variables individuales, el estatus académico presentó una correlación positiva con la frecuencia y variedad de modalidades VUE, en cambio con la edad resultó negativa.

Para el caso de México, León, López y Sandoval (2009) realizaron un estudio con el fin de identificar el efecto de factores personales y profesionales sobre la vinculación basados en una encuesta abarcando todo el estado de Sonora (137 cuestionarios). Como herramienta metodológica utilizaron estadística descriptiva y análisis factorial. Encontraron que la edad y el género impactan negativamente a la VUE, en tanto que el status académico y el prestigio tienen un efecto positivo. La pertenencia al Sistema Nacional de Investigadores, el nivel escolaridad, el número de publicaciones y el país de obtención del grado no resultaron significativos.

Boardman y Ponomariov (2009) también examinan el efecto de las características personales y profesionales de los investigadores y su impacto en la VUE usando datos de una encuesta nacional aplicada a científicos en los Estados Unidos. Las variables incluidas en el análisis son: financiamiento empresarial, porcentaje de tiempo de trabajo subvencionado por el gobierno, afiliación con centros de investigación, número de colaboradores, número de estudiantes becados, status académico, valores científicos y

género.⁵ Como metodología usaron estadística descriptiva y dos modelos de regresión logística binaria, uno para estimar el efecto de las variables profesionales de los investigadores sobre la propensión a vincularse y, otro para estimar el efecto de esas variables sobre distintas modalidades de vinculación. Sus resultados muestran que las variables que afectan de manera positiva a la VUE son: financiamiento de las empresas, afiliación con centros de investigación, número de estudiantes becados que colaboran con el investigador, ubicación en las áreas de ingeniería, computación o agricultura, status académico y las actitudes no “tradicionales” sobre el rol de la universidad. En contraste, las variables edad, género, número de colaboradores, porcentaje de tiempo de trabajo subvencionado por el gobierno, y trabajo en el área de ciencias físicas no afectan la probabilidad de vinculación.

Giuliani *et al*, (2010) examinan las características individuales y el contexto institucional como variables explicativas de la propensión a establecer diferentes tipos de VUE en el sector vinícola en tres países. Su estudio está basado en datos obtenidos mediante encuesta en Piamonte (Italia), Chile y Sudáfrica durante 200-2006 y usaron estadística descriptiva y modelos econométricos Poisson para el análisis de los datos. Sus resultados revelan que las características individuales, como centralidad en el sistema académico, ⁶edad y sexo, son más importantes que el número de publicaciones o grado académico formal. También encontraron que el contexto institucional juega un papel muy importante en la propensión de los investigadores a establecer vínculos con la industria.

Otra línea de literatura sobre la VUE se ha abocado a examinar tanto la perspectiva de las empresas como de los investigadores de manera conjunta. En esta línea de investigación,

⁵ Los investigadores definen la variable “valores científicos” en términos de la actitud de los investigadores hacia la comercialización del conocimiento generado en los PRO, que va desde la posición tradicional de “extensión del conocimiento” hasta la “capitalización del conocimiento”.

⁶ Centralidad académica es una variable que definen los autores como el número de vínculos que tienen los investigadores con otros en el país.

Bekkers y Bodas-Freitas (2008) utilizaron dos cuestionarios, uno para la industria y otro para los investigadores académicos en Holanda. La muestra de investigadores abarcó cuatro disciplinas: farmacéutica y biotecnología, química, ingeniería mecánica e ingeniería eléctrica. Para la muestra de empresas se incluyeron cuatro sectores: farmacéutica y biotecnología; sector químico (excluyendo farmacéutica); maquinaria, productos de metal básicos y manufacturados; y equipo eléctrico y de telecomunicaciones. La metodología consistió en análisis estadístico y regresión logística binaria. La evidencia mostró que la importancia entre las modalidades de VUE no difiere entre las empresas y los académicos. Sin embargo, los investigadores atribuyen en promedio más importancia a las diferentes modalidades de vinculación que las empresas.

Asimismo, Bekkers y Bodas-Freitas hallaron que las diferencias sectoriales no explican la variedad de la vinculación, y que más bien la variedad en las actividades de vinculación se explican por: i) las características del conocimiento implícito en la VUE (tácito, sistémico, interdependiente); ii) el origen disciplinario del conocimiento involucrado; y iii) las características individuales e institucionales de los agentes involucrados en la vinculación (status académico, publicaciones, patentes, actitud emprendedora y entorno de investigación).

Dutrénit, De Fuentes y Torres (2010) también analizan la VUE desde ambas perspectivas en México usando una muestra de 341 empresas y 451 investigadores. Diferencian tres etapas en el proceso de vinculación: i) razones para vincularse; ii) transferencia de conocimiento en la vinculación, y iii) beneficios derivados de la VUE. Como fuente de datos utilizan encuestas para empresas y para investigadores aplicadas en 2008. La estrategia metodológica empleada fue estadística descriptiva, econometría (modelos Probit) y estadística multivariada (análisis factorial). Sus hallazgos muestran que el motivo principal de las empresas para vincularse es incrementar y complementar sus capacidades tecnológicas básicas e intermedias. En esta primera etapa las barreras más importantes para la vinculación, desde ambos lados de la vinculación, son: la falta de

conocimiento de las actividades del otro agente, y la percepción de que se tienen suficientes capacidades dentro de la empresa.

Con respecto a la segunda etapa, la transferencia de conocimiento, también detectaron discrepancia en la importancia relativa que asignan las empresas y los investigadores a las modalidades de VUE. Mientras que la empresas asignan alta valoración a las modalidades relacionadas con la formación de recursos humanos, los investigadores estiman más alto las modalidades asociadas con las actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) y la consultoría. En relación a los beneficios que obtienen las empresas de la VUE, tercera etapa en el análisis, se destaca el uso de instalaciones y equipo especializado. Por el contrario los beneficios que obtienen los investigadores son: ideas para nuevos proyectos de investigación, desarrollo de recursos humanos, apoyo para la elaboración de tesis, disertaciones y publicaciones.

Sobre este mismo enfoque en los dos agentes, otro trabajo de Bekkers y Bodas-Freitas (2010) analiza los factores que afectan los proyectos de colaboración universidad-industria y exploran si los diferentes tipos de proyectos llevan a distinta clase de resultados. Basados tanto en metodología cualitativa (30 estudios de caso) como cuantitativa (encuestas, 575 investigadores universitarios y 454 investigadores del sector industrial) los autores examinan los catalizadores y barreras de las actividades de vinculación en Holanda. Sus resultados muestran que los proyectos que son impulsados por la universidad, permiten logros científicos y tecnológicos inesperados, como varios *spill-overs* hacia otros campos. En contraste, los que son promovidos por el sector industrial, obtienen resultados más modestos aunque éstos tienen más probabilidad de ser utilizados por las empresas participantes en el proyecto.

Además encontraron que la absorción del conocimiento desarrollado en la VUE depende principalmente de las capacidades del sector industrial a saber: i) competencia de la firma

para usar y desarrollar el conocimiento específico, y *ii*) la inversión de la firma en canales de transferencia de conocimiento como por ejemplo la movilidad laboral. Hallaron también que el punto de vista de los investigadores respecto de los proyectos de colaboración universidad-industria depende del nivel académico, actitud emprendedora, y experiencia anterior de vinculación, así como de los incentivos que existen en su entorno de investigación.

La tabla 2.4 resume los análisis empíricos revisados en esta sección.

2.3.2 Reflexión sobre los estudios empíricos de la VUE

La revisión de los trabajos empíricos sobre la VUE nos ofrece una panorámica de los diversos temas y variables que se han estudiado en relación con los investigadores académicos. El foco de atención se ha movido desde evaluar la importancia que asignan los académicos a las actividades de vinculación y explorar las características personales que más impactan la probabilidad de vinculación hasta identificar los beneficios que perciben las empresas y los científicos en la VUE. Las principales contribuciones de este cuerpo de investigación se puntualizan a continuación.

La literatura ha encontrado que los académicos consideran importante el establecimiento de vínculos con el sector productivo. Esta valoración se debe tanto a que perciben beneficios de la interacción con empresas como a la necesidad de ver resultados prácticos de sus avances en el conocimiento.

Este cuerpo de investigación también ha reconocido que las variables de tipo personal son poderosos motivadores para el establecimiento de vínculos con las empresas. La mayoría de los estudios empíricos muestran que estos factores influyen significativamente en la propensión a interactuar del sector industrial. Sin embargo,

Tabla 2.4 Estudios empíricos de VUE desde la óptica de los investigadores académicos

Autores	Variables dependientes	Variables independientes	Metodología	Hallazgos
Van Dierdonck et al (1990)	Actitud de los investigadores hacia la VUE	Opinión		Actitud positiva de investigadores hacia la VUE
		Barreras culturales	Estadística descriptiva y análisis factorial	No barreras culturales
		Experiencias de VUE		Experiencias anteriores VUE afectan positivamente la actitud
D'Este y Patell (2007)	Variedad y frecuencia de VUE	Individuales		VUE varía por disciplina científica (+ ingeniería)
		Departamento	Regresión logística ordinal	Factores individuales impactan más la VUE que las características institucionales
		Universidad		Status académico efecto positivo
				Calidad de investigación no tiene impacto
León y Sandoval (2008)	Frecuencia de las modalidades de VUE	Estatus académico, prestigio		Edad y género impactan negativamente
		Edad, nivel de investigador	Estadística descriptiva	Status académico efecto positivo
		Escolaridad, género	Análisis multivariado	Sin diferencias significativas Nivel, Escolaridad
		País obtención del grado		Prestigio positivo, publicaciones sin efecto
Boardman y Ponomarev (2009)	Frecuencia de las modalidades de VUE	Financiamiento empresarial		Efecto positivo: financiamiento, afiliación
		Afiliación con CPI		estudiantes becados, áreas de ingeniería
		Número de colaboradores	Estadística descriptiva	agricultura, status académico y actitud no
		Núm. Estudiantes becados	Regresión logística binaria	No significativas: edad, género, núm. de
		Status académico/Valores y género		áreas de ciencias físicas
Giuliani et al (2010)	Características individuales	Propensión a establecer VUE	Estadística descriptiva	Edad, género y centralidad académica fu
	Ambiente institucional		Regresión Poisson	Publicaciones y grado académico con e
				Marco institucional impacto fuerte para la
Bekkers y Bodas-Freitas (2008)	Importancia VUE para empresa y firmas	Tipo de conocimiento		No diferencias entre firmas e investigadores
		Disciplina científica	Estadística descriptiva	Diferencias por tipo de conocimiento y c
	Variedad de VUE	Individuales y organizacionales	regresión logística binaria	Poco efecto de v. individuales y organiz
Dutrénit y de Fuentes (2009)	Razones para establecer VUE	Razones para VUE		Empresas buscan mejorar capacidades
	Modalidades de VUE	Modalidades de VUE (empresas e investigadores)	Estadística descriptiva	Desconocimiento de las actividades del c
	Beneficios derivados de la VUE	Beneficios de VUE (empresas e investigadores)	Regresión probit	Modos VUE: Empresa → Recursos Hum
			Análisis factorial	Investigadores → I+D y consultoría más
Bekkers y Bodas-Freitas (2010)	Catalizadores y barreras en la VUE	Nivel académico	Coefficientes de correlación	Proyectos impulsados por Universidad e
		Experiencias anteriores de VUE	Análisis factorial	de conocimiento hacia otras áreas
	Actitud de los investigadores hacia la VUE	Incentivos para la VUE	Regresión logística ordinal	Experiencias anteriores VUE afectan pos
				Incentivos del entorno de investigación s
				las actividades de VUE

Fuente: Elaboración propia

también se reconoce que otras variables coadyuvan en la construcción de esta clase de interacción.

Otro hallazgo notable de esta línea de investigación está relacionado con las barreras a la vinculación. Algunas investigaciones recientes muestran que uno de los principales inhibidores de estas actividades es el desconocimiento del tipo de la actividad que desarrollan los diversos agentes en la operación del SNI. En otros términos, no existe una sinergia adecuada entre la ciencia (academia) y la innovación (industria).

Esta tesis se apoya en estas aportaciones y apunta a colaborar en el entendimiento del proceso de vinculación de los investigadores académicos con el sector productivo, principalmente sobre su impacto en la productividad científica. Aunque este cuerpo de literatura ha logrado valiosas contribuciones sobre la dinámica que sigue la VUE, existen todavía un conjunto de temas que no han sido suficientemente analizados, en particular la relación con la productividad científica.

2.4 Literatura sobre VUE y productividad científica

El interés por indagar sobre los determinantes de la productividad individual de los científicos se puede rastrear hasta principios del siglo XIX.⁷ Para esa época se reconocían principalmente dos factores explicativos: el acervo heredado y analizado básicamente por Francis Galton (1889) con sus estudios sobre los “genios hereditarios” y el impacto de los factores institucionales y los esquemas de incentivos en un contexto académico específico (Godin, 2006; 2007).

⁷ La revisión de literatura sugiere que el primer trabajo que analiza las diferencias individuales en la producción de artículos científicos es el estudio de Cattell publicado en 1903 (Godin, 2006)

A partir de los 60s, dentro del campo de los estudios de la sociología de la ciencia, se ha buscado probar si los rendimientos crecientes del prestigio científico y la productividad (conocido como el “efecto Mateo”) pueden explicar las diferencias individuales de manera más satisfactoria que la distribución desigual de la inteligencia en la población de los académicos (Merton, 1988).

En la búsqueda de los determinantes individuales de la productividad científica, el género es uno de los que ha atraído mucha atención, sobre todo con explicaciones de tipo genético y cognitivo (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Spelke, 2005). A pesar de que la mayoría de los análisis han mostrado que los varones superan a las mujeres en el promedio de artículos publicados, la literatura más reciente ha encontrado sólida evidencia que apunta a una explicación basada en la diversidad estructural de la academia y las oportunidades de recursos para la investigación y no a la diferencia de género *per se*.

Otras variables explicativas que los investigadores han considerado en el análisis de la productividad son el ciclo de vida, factores institucionales y los programas de incentivos para examinar la productividad de los investigadores académicos. Una línea alternativa de investigación ha incorporado en el análisis la edad y el campo de conocimiento donde se desenvuelve el investigador. La gran mayoría de los artículos han confirmado un impacto significativo de la edad y sugieren una relación cuadrática entre ésta y el número de artículos y citas.

Con respecto a la diversidad por campo de conocimiento, algunos estudios empíricos también han mostrado resultados diferenciados sobre la productividad científica lo que indica que algunas áreas científicas tienen una mayor propensión a obtener resultados publicables en tanto que para otras los productos finales no permiten esa alternativa.

En esta sección se revisa la literatura previa sobre la productividad científica. En la primera parte se examinan los estudios focalizados en sus determinantes y la segunda se centra en la relación entre la VUE y el desempeño productivo de los investigadores académicos.

2.4.1 Determinantes de la productividad científica

Aunque existe una vasta línea de literatura sobre la productividad de los investigadores académicos, ésta se ha centrado principalmente en el análisis del ciclo de vida y las características individuales de los investigadores. Una de las primeras aportaciones fue la de Levin y Stephan (1991), quienes utilizaron una encuesta para investigadores académicos y una metodología de regresiones Tobit. Como variables independientes usaron la edad y el efecto “*vintage*” (diferencial en experiencia entre investigadores recién egresados en relación a los educados con anterioridad) y analizaron cinco disciplinas científicas: física de materiales, física de partículas, física molecular y atómica, oceanografía, geofísica y geología. La variable dependiente fue la productividad académica medida por el número de publicaciones registradas en revistas ISI.⁸ Sus resultados muestran que el efecto ciclo de vida se presentó en cinco de las seis disciplinas que analizaron (salvo física de partículas), lo que indica que los investigadores se vuelven menos productivos en función de la edad. Además el efecto “*vintage*” resultó sólo significativo para los investigadores de geología, es decir, que no se cumple la hipótesis de que “los últimos educados están mejor preparados” ya que no se encontró diferencia significativa en el promedio de artículos publicados.

⁸ Revistas ISI se define como revistas indexadas o arbitradas, lo cual implica la evaluación de al menos dos lectores anónimos antes de que pueda ser publicado el artículo. Actualmente, además de *ISI Web of Science*, SCOPUS y *Google Scholar Metrics* contienen bases de datos sobre productividad científica y su impacto.

Carayol y Matt (2006) incorporan en el análisis de la productividad científica factores personales y colectivos (laboratorio de trabajo) mediante la construcción de modelos econométricos de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y Tobit. Dentro de las variables personales consideran la edad y el tipo de puesto en el trabajo (tiempo completo de investigación contra enseñanza-investigación), en tanto que como variables colectivas incluyen la edad y posición de los colegas, número de investigadores eventuales, número de ayudantes y financiamiento. La variable dependiente en este estudio es la productividad científica medida tanto por patentes registradas en Francia como por el número de artículos ISI. Sus resultados muestran un efecto significativo de la edad (negativo) y puesto en el trabajo (positivo con investigadores de planta). También encuentran que los grupos pequeños de investigadores producen más artículos que los grandes y que la calidad de los colegas afecta negativamente el desempeño individual. Además encontraron que el financiamiento público es el único que afecta la intensidad de la investigación, y que llevar a cabo post-doctorados mejora significativamente la calidad de las publicaciones.

Turner y Mairesse (2003) analizan el impacto de las características personales y los incentivos sobre la productividad académica en una muestra de físicos franceses, usando una base de datos panel (1980-1997). Estiman una serie de modelos Poisson con el objetivo de examinar el efecto de las variables independientes sobre el número de publicaciones ISI, la calidad de las revistas y el número de citas. Su evidencia confirma una relación cuadrática entre la edad y el número de publicaciones con el pico alrededor de los 50 años y que las mujeres publican menos que los hombres y además tienen un menor número de citas en promedio. Los resultados también muestran que los incentivos parecen ser un importante determinante de la publicación científica dado que las características del laboratorio y las promociones en el puesto de trabajo muestran ser altamente significativas en la mayoría de los modelos.

Otra variable que se ha usado en la literatura sobre la productividad científica es la colaboración entre investigadores. Lee y Bozeman (2005) usaron una muestra de 443 académicos adscritos a universidades y centros de investigación en Estados Unidos para examinar el supuesto de que la colaboración entre investigadores tiene un efecto positivo en la productividad, medida ésta por las publicaciones ISI. Utilizaron como metodología el análisis de MCO en dos etapas. Encontraron que, manteniendo controladas las variables individuales de los investigadores, el número en bruto (“conteo normal”) de artículos en revistas ISI está fuerte y significativamente asociado con el número de colaboradores. Sin embargo al aplicar el mismo modelo para estimar la productividad, dividiendo el número de publicaciones entre el número de autores (“conteo fraccional”), hallaron que el número de colaboradores no es un factor significativo para la productividad de publicaciones.

Un análisis detallado sobre la productividad de los investigadores mexicanos fue desarrollado por González-Brambila y Veloso (2007), quienes utilizaron una base de datos del Sistema Nacional de Investigadores para identificar los determinantes de la productividad académica y su impacto. La muestra constó de 14,328 investigadores de todos los campos del conocimiento que habían sido parte del sistema de investigadores por al menos 1 año y abarcó el período de 1991 a 2002. Cuantifican la producción académica por el número de publicaciones y el impacto por las citas en el Índice de Citas de Ciencias y Ciencias Sociales elaborado por el *Institute of Science Information (ISI Science Citation Index y el ISI Social Science Citation Index)*. Los autores estimaron modelos de regresión Binomial Negativa de efectos fijos, donde la variable dependiente es el número de artículos publicados en el primer modelo y el número de citas en el segundo. Las variables independientes están clasificadas en variantes e invariantes en el tiempo. Las variantes en el tiempo son edad, nivel de investigador y presupuesto en Ciencia y Tecnología, en tanto que las invariantes son: género y país de obtención del doctorado. Sus resultados muestran una relación cuadrática entre la edad de los investigadores y el número de publicaciones por año.

Tabla 2.5 Literatura sobre determinantes de la productividad científica

<i>Autores</i>	<i>Variables dependientes</i>	<i>Variables independientes</i>	<i>Metodología</i>	<i>Efectos</i>
Levin y Stephan (1991)	Publicaciones	Edad "Vintage"	Modelos econométricos Tobit	Efecto del ciclo de vida, la No hay efecto de "vintage"
Carayol y Matt (2003)	Publicaciones	Factores personales y colectivos (variables del laboratorio)	Econometría MCO Modelos Tobit	Puesto permanente tiene ef Grupos pequeños producen Calidad de los colegas imp
Turner y Mairesse (2003)	Publicaciones ISI Citas y factor de impacto	Características personales e incentivos	Modelos Poisson	Mujeres tienen menos publ Características del laborato en productividad y promici
Lee y Bozeman (2005)	Publicaciones	Colaboración con investigadores	Encuesta Econometría MCO	Conteo en "bruto" si hay ef Conteo "fraccional" no es s
González-Brambila y Veloso (2007)	Publicaciones Número de citas	Edad / Nivel de investigador Subsidio en ciencia y tecnología Género / país de Doctorado	Currícula de investigadores Estadística descriptiva Regresión Binomial Negativa	Relación cuadrática entre e No efecto del nivel de inve Género y país del Doctorad
Lissoni et al (2009)	Publicaciones ISI Factor de impacto	Edad, actividad anterior de investigación Perfil de los co-autores Tipo de proyectos de investigación	Modelos Tobit y Probit	Efecto positivo del tamaño la experiencia en investiga Edad y experiencia pasada

Fuente: Elaboración propia

También encontraron que los investigadores son productivos (en términos de publicaciones) entre los 30 y los 79 años, alcanzado un pico de 0.76 artículos por año para la edad de 53 años. Por lo que respecta al nivel del investigador en el Sistema Nacional de Investigadores, no encontraron diferencias significativas, excepto que los datos muestran que los de nivel II publican más que los de nivel III en revistas ISI. Sus resultados sugieren que el género no influye significativamente en la productividad de los investigadores, las mujeres producen en promedio 0.07 menos artículos que los hombres. En cuanto al país de obtención del doctorado, los resultados muestran que no hay diferencia significativa basada en el país donde se obtuvo el grado.

Lissoni *et al* (2011) introducen la variable de los incentivos institucionales en el análisis de la productividad científica. Examinan los determinantes de la productividad científica (número de artículos y factor de impacto de las revistas) para una base tipo panel de alrededor de 3600 físicos franceses e italianos activos entre 2004 y 2005. Revisan el efecto de la edad y la actividad de investigación anterior sobre la productividad corriente y la probabilidad de ser promovidos. También consideran la naturaleza de los proyectos de investigación (tamaño y tipo internacional) y la influencia de la capacidad productiva de los co-autores sobre el desempeño individual del investigador. Mediante la estimación de modelos econométricos Tobit y Probit encontraron que el tamaño y la naturaleza internacional de los proyectos de investigación así como la productividad pasada de los co-autores tiene un impacto muy significativo en la productividad corriente. Por otro lado, la edad y la experiencia anterior de investigación mostraron tener también un efecto altamente significativo tanto en la productividad científica como en la probabilidad de promoción. En la tabla 2.5 se muestran los estudios revisados en esta sección.

2.4.2 La relación entre la VUE y la productividad científica

Una línea diferente de literatura se ha dedicado a indagar sobre la relación entre VUE y productividad científica. A este respecto, existen tres proposiciones: *i)* hay un efecto *trade-off* entre estas variables.; *ii)* existe una influencia positiva de la VUE sobre la productividad científica y, *iii)* se presenta una relación cuadrática entre la VUE y la productividad científica. El debate continúa abierto dado que los resultados de diversos estudios han encontrado evidencia que refuerza cada una de las tres hipótesis. A continuación se revisan las investigaciones más significativas de cada una de ellas.

Efecto trade-off entre VUE y productividad científica

Czarnitzki y Toole (2009) realizaron un estudio para verificar la existencia de una correlación negativa entre la productividad académica (artículos ISI publicados) y la vinculación mediante la actividad emprendedora de los investigadores. La muestra analizada fue una sub-población de académicos biomédicos que recibían financiamiento para investigación de los Institutos Nacionales de Salud (NIH por sus siglas en inglés), en los Estados Unidos. Las áreas que abarcó la muestra son: biología, química y ciencias de la salud, con un total de 10824 investigadores. Como metodología de análisis usaron estadística descriptiva y regresiones Poisson. Para el análisis clasificaron a los académicos en tres categorías después de que se mudaron al sector productivo: *i)* científicos emprendedores que nunca regresaron a la academia; *ii)* aquellos que sólo se fueron parcialmente a la industria o que regresaron después de obtener un poco de experiencia; y *iii)* aquellos sobre los que no fue posible determinar con seguridad su estatus después de iniciar su actividad emprendedora.

Sus resultados muestran que los investigadores que optan por fundar o asociarse con una empresa fueron más productivos en su carrera académica que una muestra control. Pero cuando se deciden por la actividad emprendedora su productividad disminuye. Además encontraron que aquellos investigadores que regresan a la Academia después de un

periodo como empresarios, no son tan productivos como eran antes de su experiencia en el sector industrial.

Con el objetivo de ampliar el conjunto de variables independientes en el análisis, Buenstorf (2009) examinó el efecto de la revelación de invenciones, el licenciamiento y las actividades de *spin-off* sobre la tasa de publicación y el número de citas para una muestra de directores del Instituto Max Planck para el periodo 1985-2004. Empleó cuatro indicadores del nivel de actitud emprendedora: *i*) revelación de inventos; *ii*) licenciamiento de invenciones para el sector privado; *iii*) invenciones con licenciamiento para empresas *spin-off*, y *iv*) convertirse en fundador de una *spin-off*. El análisis empírico incluyó un total de 860 pares director-inventor desde 1985 y también incluyó 249 invenciones que fueron licenciadas a empresas y 155 licenciadas para compañías tipo *spin-off*. Como variables dependiente el autor empleó el número de publicaciones y citas anuales en el ISI *Science Citation Index* y como herramienta metodológica aplicó estadística descriptiva y modelos de regresión binomial de efectos fijos.

Los resultados de Buenstorf mostraron que la actividad de invención no afecta de manera adversa la productividad de la investigación, pero considerando las actividades de comercialización los resultados fueron mixtos. Tomando en cuenta el conjunto total de modelos econométricos, los resultados sugieren que existe una relación positiva entre la actividad inventiva y la productividad de los científicos. Por el contrario, el convertirse en fundador de una *spin-off* parece tener un costo real en términos de la cantidad y calidad de los artículos. Esta última actividad sí muestra la existencia de un *trade-off* entre vinculación y productividad del investigador para el caso de fundación de una empresa.

Aunque gran parte de la literatura ha confirmado un efecto benéfico del patentamiento sobre la productividad científica, Czarnitzki, Glänzel y Hussinger (2009) probaron la

hipótesis de que la heterogeneidad del patentamiento tiene una influencia diferenciada sobre la publicación académica y el número de citas para una muestra de profesores universitarios alemanes. En el análisis hacen una distinción entre las patentes de la siguiente forma: i) asignadas a corporaciones (empresas privadas); y ii) aquellas concedidas a organizaciones sin fines de lucro como universidades, instituciones públicas de investigación y patentes privadas (que pertenecen al científico). La muestra que estudiaron abarcó 3000 profesores patentadores que poseían alrededor de 7000 patentes y tenían más de 34000 publicaciones en revistas arbitradas. Emplearon estadística descriptiva y modelos econométricos Poisson de efectos fijos como herramientas analíticas para examinar los datos en panel. Sus resultados empíricos mostraron que la diversidad en el patentamiento sí importa. Mientras que las patentes en colaboración con organizaciones no lucrativas complementan a las publicaciones científicas, el patentamiento conjunto con el sector de negocios está asociado con una tasa más baja de publicaciones y de más baja calidad, aunque el impacto en la calidad es más bien débil.

Complementariedad entre VUE y productividad científica

Sin embargo, otra línea de la literatura ha encontrado evidencia que demuestra una relación positiva entre la VUE y la productividad científica. Por ejemplo, Zucker y Darby (2007) examinaron el número y calidad de las publicaciones para una muestra de 371 biotecnólogos de Estados Unidos, Japón y Europa. Compararon el desempeño de los investigadores antes de vincularse con empresas *high-tech* y después de haberlo hecho. Su evidencia no apoya la existencia de un *trade-off* entre esas actividades. Por el contrario, sus resultados muestran una especie de círculo virtuoso. Los científicos que establecen empresas o se contratan con ellas, producen un número mayor de artículos, manteniendo o superando en algunos casos la calidad.

Lowe y González-Brambila (2007) encontraron resultados similares al analizar el efecto de fundar o unirse a una firma sobre la productividad científica. Ellos examinaron datos de 150 investigadores académicos de quince universidades y centros de investigación de Estados Unidos quienes fundaron o se unieron a empresas entre 1990 y 1999. La muestra estudiada incluyó cuatro áreas de conocimiento repartidas de la siguiente forma: 77 perteneciente a las áreas de ingeniería, 60 de medicina y biología y 13 de química, e hicieron una comparación con un grupo de control perteneciente a su misma universidad y con co-autores/colegas. Usaron un conjunto de modelos de regresión binomiales negativas y el número de publicaciones ISI por año como variable dependiente. Obtuvieron resultados diversos a través de los distintos campos del conocimiento; las áreas de ingeniería presentaron entre un 49 y un 68 por ciento de incremento en el número de publicaciones después de iniciar una firma, en tanto que medicina y biología experimentaron sólo un 7 por ciento de aumento. En general, basados en los resultados de toda la muestra, concluyeron que la productividad de los científicos emprendedores no sólo es más alta que la de sus colegas, sino que no decrece después de la formación de la empresa.

En otro estudio, Rivera *et al* (2011) usando una encuesta aplicada a investigadores de ciencias agropecuarias que han recibido financiamiento de las Fundaciones Produce en México, examinaron el impacto de la vinculación con el sector agropecuario sobre la productividad académica en términos de artículos ISI, nuevas recomendaciones y nuevas técnicas. La metodología estuvo basada en modelos Binomial Negativos y el conjunto de variables explicativas fueron: colaboración con otros investigadores, vínculos con productores, número de años a partir de la obtención del último posgrado, y nivel de educación (doctorado, maestría o licenciatura). Los resultados evidenciaron, para la muestra analizada, una relación significativa de sentido positivo entre intensidad de la VUE y los tres indicadores de productividad empleados en el análisis.

Relación cuadrática entre VUE y productividad científica

Además de las posiciones encontradas entre la existencia o no de un *trade-off*, algunos trabajos han mostrado evidencia de una relación cuadrática entre vinculación y productividad. Bajo esta hipótesis, se asume que existe un efecto benéfico de la VUE hasta llegar a cierto nivel crítico, donde a partir de este punto se pierde la influencia positiva e incluso se torna perjudicial. A continuación se refieren algunos de los trabajos que apoyan esta hipótesis.

Fabrizio y Di Minin (2008) analizan la influencia del patentamiento sobre el nivel y la calidad de las publicaciones para una muestra de 300 científicos registrados en la Oficina Nacional de Investigación en Economía (NBER por sus siglas en inglés). A partir de esta base de datos se eligieron dos muestras para el análisis: una con investigadores que patentaron los resultados de investigación y otra que incluyó aquellos que no patentaron en el periodo de 1975 a 1995 en nueve campos del conocimiento. Utilizando estadística descriptiva y modelos de regresión MCO y Negativa Binomial, encontraron que las patentes y el número y calidad de publicaciones ISI no son sustitutos sino más bien complementarios. Pero encuentran una relación negativa (cuadrática) entre el patentamiento y la calidad de los artículos (medida por el número de citas). Los autores sugieren que las patentes pueden inducir al investigador hacia investigación aplicada o que las restricciones de derecho de propiedad afectan la calidad de sus publicaciones.

Larsen (2007) examina el efecto de la VUE sobre la cantidad y calidad de publicaciones ISI para una muestra de 140 profesores de la Universidad Tecnológica de Dinamarca de 16 áreas científicas. Como herramienta analítica empleó estadística descriptiva y modelos de regresión binomial negativa. Sus resultados indican que los profesores que no colaboran con la industria tienen un número menor de artículos publicados y número de citas que aquellos que sí lo hacen. También encontró una relación con rendimientos decrecientes entre la interacción universidad-empresa y la cantidad de publicaciones, pero no halló una relación significativa entre vinculación y el número de citas.

Una contribución reciente al debate de la relación VUE y productividad científica es la de Crespi *et al* (2011), quienes estudian el impacto de la actividad de patentamiento sobre la publicación de artículos y la transferencia de conocimiento. Utilizan datos obtenidos de dos encuestas e información de los CV para una muestra de 157 académicos del Reino Unido de las áreas de ingeniería y ciencias físicas y analizan la información mediante estadística descriptiva y modelos de regresión binomial negativa. Su evidencia muestra que la intensidad del patentamiento complementa la productividad en términos de publicaciones hasta cierto nivel después del cual se presenta un efecto sustitución. Sus resultados también sugieren una relación de U invertida entre la generación de patentes y varios canales de transferencia de conocimiento. Con respecto a las áreas del conocimiento sus hallazgos son mixtos, mientras que las áreas de ciencia básica (física y química) presentan una correlación negativa entre patentes y publicaciones, Ciencias de la Computación e Ingeniería muestra una asociación positiva aunque débil. La tabla 2.6 muestra las diferentes posiciones respecto a la relación VUE y productividad, en tanto que la tabla 2.7 resume los detalles de los estudios empíricos.

2.4.3 Discusión de la literatura sobre VUE y productividad de los investigadores académicos

Los estudios revisados en las secciones 2.4.1 y 2.4.2 permiten apreciar la trayectoria de investigación que ha seguido el estudio de la productividad científica. Se puede observar el creciente interés de la colaboración con la industria y con otros investigadores como variables explicativas. Esta línea de literatura también ha logrado avances importantes en la comprensión de los determinantes y la dinámica de la productividad de los investigadores académicos. Sin embargo, es necesario acotar que en algunos temas existe consenso mientras que en otros no lo hay. A continuación se citan los aportes más importantes de este cuerpo de investigación.

Tabla 2.6 Hipótesis y efectos de VUE en la productividad científica

Hipótesis	Autores	Hallazgos
<i>Trade-off</i>	Czarnitzki y Toole (2009)	Efecto negativo de actividad emprendedora
	Buenstorf (2009)	Influencia perjudicial de licenciamiento y de spin-off
	Czarnitzki, Glänzel y Hussinger (2009)	<i>Trade-off</i> del co-patentamiento con firmas privadas
Complementariedad	Zucker y Darby (2007)	Círculo virtuoso al ser contratado por empresas de Biotec
	Lowe y González-Brambila (2007)	Impacto positivo al unirse o fundar una empresa
	Rivera, Dutrénit, Ekboir <i>et al</i> (2011)	Efecto benéfico sobre publicaciones y nuevas técnicas
Relación cuadrática	Fabrizio y Di Minin (2005)	Función de U invertida entre patentes y citas
	Larsen (2007)	Relación curvílinea con el número de artículos publicados
	Crespi, D'Este, Fontana <i>et al</i> (2011)	Umbral de efecto negativo entre patentes y publicaciones

Fuente: Elaboración propia

Existe consenso respecto al efecto del ciclo de vida y la edad en la productividad científica pues muy diversos estudios han comprobado un efecto negativo. También la literatura presenta acuerdo en el efecto positivo de la colaboración entre académicos. Sin embargo, existen algunos temas sobre los cuales no hay resultados consistentes, por ejemplo el país de obtención del doctorado y el género del investigador.

Pero el debate más sobresaliente tiene que ver con la posible existencia de un *trade-off* entre la VUE y la productividad científica. Algunos estudios han encontrado que estas dos actividades se sustituyen, en tanto que otros han identificado una relación positiva entre ellas. Sobre este mismo tópico, recientemente algunos autores afirman que la relación existente entre las variables es cuadrática. Esto significa que la VUE tendría un

Tabla 2.7 Literatura sobre la relación entre VUE y productividad científica

Autores	Variables dependientes	Variables independientes	Metodología	Hallazgos
Czarnitzki y Toole (2009)	Publicaciones ISI Co-autorías	Actividad emprendedora del investigador	Estadística descriptiva Regresiones Poisson	Antes de ser emprendedores son Cuando son emprendedores pro Si vuelven a la Academia son m que antes
Buenstorf (2009)	Publicaciones ISI Núm. de citas	Invencciones, Licencias tecnológicas y <i>spin-offs</i>	Estadística descriptiva Regresión con efectos fijos	Invencción no afecta a la product Fundar una spin-off sí afecta ne la productividad
Czarnitki et al (2009)	Publicaciones ISI Núm. de citas	Tipo de patentes: org. no lucrativas, empresas o académicos	Estadística descriptiva Regresión Poisson	Patentadores con empresas son los que patentan con universida en la calidad
Zucker y Darby (2007)	Publicaciones ISI Núm. de citas	Vinculación Academia-Empresa	Estadística descriptiva Regresión ponderada	Científicos que establecen VAE más citas
Lowe y González-Brambila (2007)	Publicaciones ISI Núm. de citas	Fundar una empresa o ser contratado por una	Regresiones Binomiales Negativas	La productividad de los académ más alta que la de sus colegas,
Rivera et al (2009)	Publicaciones ISI	Vinculación Academia-Empresa Edad / Vínculos con investigadores Grado académico Posgrado nacional o extranjero	Encuesta MCO y Regresión Poisson	Relación positiva entre VAE y p Efecto positivo de colaboración Efecto positivo con nivel Educac Edad y género no significativas
Fabrizio y Di Minin (2005)	Publicaciones ISI Núm. de citas	Patentamiento	Estadística descriptiva Regresión MCO y Binomial Negativa	Patentes y publicaciones son co Relación curvilínea entre patent los artículos
Larsen (2007)	Publicaciones ISI Núm. de citas	Interacción universidad-empresa	Estadística descriptiva Regresión Binomial Negativa	VUE afecta positivamente publi Relación cuadrática entre VUE y VUE no impacta el Núm. de cita
Crespi et al (2011)	Publicaciones ISI Modos VUE	Patentamiento	Estadística descriptiva Regresión Binomial Negativa	Relación cuadrática ente patent U invertida también entre patent

Fuente: Elaboración propia

efecto positivo sobre la productividad científica hasta cierto límite en donde el efecto se volvería negativo.

Este trabajo utiliza como base los hallazgos del cuerpo de investigación revisado y se propone contribuir a un mejor entendimiento de la productividad científica y su relación con la VUE.

En particular, el tema de la productividad de los investigadores académicos se ha estudiado básicamente tomando en consideración variables individuales y caracterizando a la productividad en términos de patentes, publicaciones indexadas y el impacto de estas publicaciones. Pocos trabajos analizan el impacto de la VUE sobre la productividad académica considerando modalidades tradicionales de vinculación. Sin embargo, éstas han sido reportadas como muy importantes tanto por las empresas como por los investigadores académicos (Faulkner y Senker, 1994; Mayer-Krahmer y Schmoch, 1998; Cohen, Nelson y Walsh, 2002).

Esta investigación se sitúa en la discusión sobre la productividad de los investigadores académicos, sobre todo buscando explorar cuál es la relación que existe entre ésta y las diferentes modalidades de vinculación. La literatura sobre este tema es escasa y no ha permitido un análisis fino de cómo funciona esta relación. Además el cuerpo de literatura correspondiente ha analizado esta relación sólo de manera parcial, básicamente se ha examinado el efecto de la modalidad de vinculación relativa a formación de empresas por parte de los científicos o la contratación de los investigadores por empresas privadas (Belkhodja y Landry, 2007). También se ha analizado la relación entre la VUE y la productividad en investigadores del área agropecuaria (Rivera *et al*, 2011) pero en este caso sólo se considera la frecuencia en el número de vinculaciones (alto, medio, nulo) y no se examina el efecto de cada modalidad de vinculación particular. Este trabajo apunta a explorar la asociación entre las diferentes modalidades de vinculación y diferentes

productos de la actividad de investigación con el propósito de contribuir a la discusión de este tema fundamental en la operación del SNI.

Por otro lado, la literatura sobre productividad se ha centrado en el conteo de patentes (Dietz y Bozeman, 2005) o el número de publicaciones y citas y su impacto (González-Bramila y Veloso, 2007; Czarnitzki y Toole, 2009; Rivera *et al*, 2011). Con el objetivo de mejorar la medición de la productividad científica de los investigadores, esta tesis también apunta a ponderar otros aspectos de la productividad que han estado ausentes en el análisis, como la formación de capital humano de posgrado y la publicación de capítulos de libros.

2.5 Conclusiones y discusión

En este capítulo se han examinado los tres cuerpos de literatura en los que se fundamenta esta tesis para desarrollar el análisis empírico para explorar la relación sistemática existente entre las características individuales y las diferentes modalidades de VUE sobre la productividad científica. La exploración de los cuerpos de investigación permite identificar el estado del arte respecto de los temas que se analizan en esta tesis: la VUE y la productividad científica.

Esta tesis pretende contribuir al debate existente sobre la productividad científica mediante la incorporación de las modalidades tradicionales de vinculación en el análisis. Siguiendo la aproximación del CHCyT (Bozeman, Dietz y Gaughan, 2001), el trabajo asume que el investigador individual posee dos tipos de recursos académicos: capital humano y capital social, donde el primero incluye las habilidades cognitivas, el conocimiento formal científico y técnico y las habilidades contextuales; en tanto que el segundo comprende los recursos externos que el investigador activa para la generación de conocimiento, principalmente actividades de colaboración y de formación de redes.

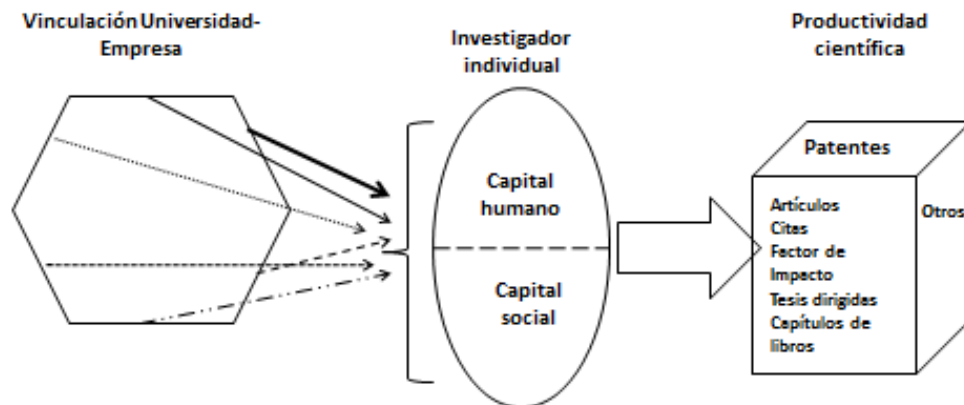
La interacción con las empresas fortalece los dos tipos de capital y en consecuencia la cantidad y la calidad de las habilidades de investigación científica, incorporadas de forma tácita en el académico, se incrementan. En este contexto, este trabajo considera que la productividad es una función de este tipo de capacidades de investigación (además de otros factores) y que la variedad de las modalidades tradicionales de vinculación tienen un efecto diferenciado en la mejora del acervo de capacidades, por lo que se infiere un impacto distinto en la productividad del investigador académico.

La hipótesis de esta tesis es la siguiente:

La productividad de los investigadores está definida por las capacidades de investigación del académico individual. Ese acervo de habilidades se ve afectado, entre otros factores, por la actividad de vinculación con las empresas. La naturaleza heterogénea de las diversas modalidades de VUE impacta de forma diferenciada al stock de capacidades del investigador. Entonces, la variedad de las modalidades de vinculación provocará en los académicos diversos niveles de productividad tanto en términos de cantidad como de calidad.

Esta hipótesis se ilustra en la figura 2.1. El hexágono significa la variedad de las modalidades tradicionales de VUE y las flechas delgadas, que apuntan al investigador individual en el centro de la imagen, representan el impacto en ambos tipos de capital (señalados por la llave). Cada flecha tiene una forma distinta para representar el impacto diverso sobre el capital social y humano del académico. Los productos de la investigación están simbolizados por el cubo, cuyas caras definen la diversidad de productos de la investigación científica (patentes, publicaciones, etcétera).

Figura 2.1. Hipótesis de la relación entre VUE y productividad científica



Fuente: Elaboración propia

Capítulo 3: Estrategia metodológica

3.1 Introducción

El propósito de este capítulo es exponer la aproximación metodológica utilizada para desarrollar esta investigación. El origen de este trabajo se basa en el interés de examinar la relación entre las actividades de VUE y la productividad científica. Derivado de este estudio también será posible identificar los efectos de las diferentes modalidades de vinculación utilizadas por los investigadores académicos sobre la productividad científica. El análisis de variables de tipo personal y de las modalidades de VUE particulares apuntan a contribuir a la comprensión de la dinámica de la productividad científica de los investigadores académicos. Además este trabajo se propone ampliar el parámetro de medición de la productividad científica mediante la inclusión de tareas del académico que no se han considerado en la literatura previa y que contribuyen al desarrollo del capital humano especializado y la generación de nuevo conocimiento, medida en términos del número de tesis de doctorado dirigidas y capítulos de libros publicados.

La metodología es una de las etapas más relevantes para el adecuado desarrollo de las investigaciones. Siguiendo a Taylor y Bogdan (1992), esta etapa del proceso de investigación designa el modo en que se enfocan los problemas y se buscan respuestas a los mismos, en tanto que Creswell (2003) la entiende como la aproximación general al estudio de un objeto o proceso, es decir, el conjunto de elementos teóricos, conceptuales y técnicos que una disciplina desarrolla para la obtención de sus fines.

Dentro de las ciencias sociales se reconocen diversos tipos de investigación. De acuerdo con Kothari (2004), las clasificaciones más relevantes son las siguientes.

Descriptiva vs. Analítica: La investigación descriptiva incluye encuestas y análisis de hechos de diferente clase. La principal característica de este método es que el investigador no tiene el control sobre las variables que está examinando y sólo puede reportar lo que sucedió o que está ocurriendo. También se conoce como investigación *ex post facto* e incluye asimismo intentos por descubrir relaciones causales aunque un tanto de forma acotada ya que no se tiene el control sobre las variables incluidas en los estudios. Las técnicas de análisis usadas en investigación descriptiva son métodos de encuestas de toda clase, abarcando incluso técnicas comparativas y de correlación. En cambio, en el caso de la investigación analítica, el investigador usa hechos o información que ya está disponible y la analiza para hacer una evaluación crítica de ese material.

Aplicada vs Básica: La investigación aplicada está dirigida a encontrar una solución para un problema inmediato en el contexto social o de la industria, en tanto que la investigación básica está principalmente interesada en la generalización y la formulación de teorías. En otros términos, el objetivo de la investigación básica es una especie de búsqueda del conocimiento por el conocimiento mismo. Mientras que el propósito central de la investigación aplicada es descubrir una solución para algún problema práctico, la investigación básica está centrada en la búsqueda de información que tiene amplia base de aplicación e incrementa el cuerpo de conocimiento científico.

Conceptual vs Empírica: La investigación conceptual se relaciona con el manejo de algunas ideas abstractas o teoría y generalmente es usada por filósofos y pensadores para desarrollar nuevos conceptos o reinterpretar los ya existentes. Por el contrario, la investigación empírica se apoya fundamentalmente en la experiencia y la observación y asigna un papel secundario a la teoría, por lo que está basada en datos y obtiene conclusiones que son susceptibles de ser verificadas por la observación o mediante experimentación. En este tipo de estudios, el científico debe establecer una hipótesis de trabajo o conjetura como solución tentativa al problema de investigación. Una vez

fincada la hipótesis, el investigador debe examinar los hechos y datos para aprobar o rechazarla. La investigación empírica es apropiada cuando se busca probar que ciertas variables afectan a otras de alguna manera.

Tomando en consideración el objetivo y las preguntas de investigación y las categorías señaladas por Kothari (2004), la metodología de esta tesis se define como una investigación descriptiva, aplicada y empírica. Es de tipo descriptiva porque el insumo primario son los datos de una encuesta sobre VUE, además de que no se tiene control sobre las variables sino que se toman los datos de la realidad tal como se encuentran. Por otro lado, también la fuente secundaria de información conlleva a un examen descriptivo pues se utilizan los CV de los académicos para desarrollar un análisis bibliométrico. Su carácter de aplicada se debe a que el propósito es abordar el problema práctico de cuál es la relación sistemática entre las modalidades de vinculación tradicionales y la productividad científica. Finalmente, su naturaleza empírica proviene de su búsqueda por probar una relación sistemática entre variables.

En este contexto, el objetivo central de este trabajo es analizar la relación entre las diversas modalidades tradicionales de VUE y la productividad científica ponderada en términos del número de publicaciones, tanto indexadas como no indexadas, y su impacto para una muestra de investigadores académicos mexicanos. A partir de este objetivo general se desprenden los siguientes objetivos particulares:

- Examinar los determinantes de la productividad científica a través de indicadores sobre cantidad de artículos científicos publicados así como de su relevancia en el entorno académico.

- Estudiar la relación entre diversas modalidades tradicionales de VUE y la productividad de los investigadores académicos en términos de cantidad y calidad de las publicaciones indexadas.
- Examinar los determinantes de la productividad ponderada mediante dirección de tesis de doctorado y publicación de capítulos en libros. Este análisis permitirá extender el examen de la productividad a productos no incluidos en la literatura previa.
- Explorar la excesiva heterogeneidad del desempeño productivo individual de los investigadores académicos.

Cómo afirman diversos autores (Creswell, 2003; Yin, 2003), el enfrentar un problema de investigación implica la construcción de una respuesta tentativa o hipótesis a demostrar mediante la recolección y análisis minucioso de los datos y la información obtenida. En tanto que Sarantakos (2005, 147) afirma que el propósito de las hipótesis es ofrecer una guía y contexto cuando se recolecta, analiza e interpreta la información. Como se establece en el apartado 2.5, la hipótesis que dirige esta investigación es la siguiente:

La productividad de los investigadores está definida por las capacidades de investigación del académico individual. Ese acervo de habilidades se ve afectado, entre otros factores, por la actividad de vinculación con las empresas. La naturaleza heterogénea de las diversas modalidades de VUE impacta de forma diferenciada al acervo de capacidades del investigador individual. Entonces, la variedad de las modalidades de vinculación provocará en los académicos diversos niveles de productividad tanto en término de cantidad como de calidad.

Además de la construcción de la hipótesis de trabajo resulta indispensable establecer las proposiciones que otorgan soporte tanto al problema de investigación como a la hipótesis. Las proposiciones son “supuestos que funcionan como apalancamiento para la investigación científica... y que no necesitan ser probados” (Singh, 2006, 56). Por otro lado Yin (2003) afirma que la formulación de las proposiciones permite identificar dónde buscar para obtener información relevante para los fines del estudio. Este trabajo se finca sobre tres proposiciones relacionadas con el capital humano y social que poseen los investigadores así como la productividad científica (capítulo 2):

Proposición 1. Los investigadores poseen un acervo de capital humano y social (ACHS) que es resultado de su preparación académica y no académica, y de su interacción con otros agentes en el SNI. A lo largo de su trayectoria, los científicos van acumulando estos tipos de capital que configuran su productividad científica.

Proposición 2. El ACHS se incrementa con las actividades de vinculación que establecen los investigadores con otros investigadores o con el sector productivo. Tanto el compartir e intercambiar experiencias y conocimientos con otros científicos como la interacción con las empresas fortalece el ACHS.

Proposición 3. La diversidad de modalidades de VUE tiene un impacto diferenciado en el ACHS y, por lo tanto también sobre el nivel de productividad y la calidad de los productos de la investigación científica.

La metodología que se emplea para el desarrollo de esta tesis fue construida en función de los objetivos de investigación y el tipo de datos. El capítulo consta de tres secciones. En la sección 3.2 se describe el marco analítico que permite identificar las variables y

relaciones causales que se examinan para responder las preguntas de investigación. La sección 3.3 se centra en la explicación del diseño de investigación, donde se describe la encuesta y la construcción de la base bibliométrica de datos para el análisis econométrico. Finalmente, en la sección 3.4 se presenta la estrategia operativa de investigación, donde se revisan los aspectos relativos a la muestra y las técnicas estadísticas aplicadas.

3.2 Marco analítico y definición de variables

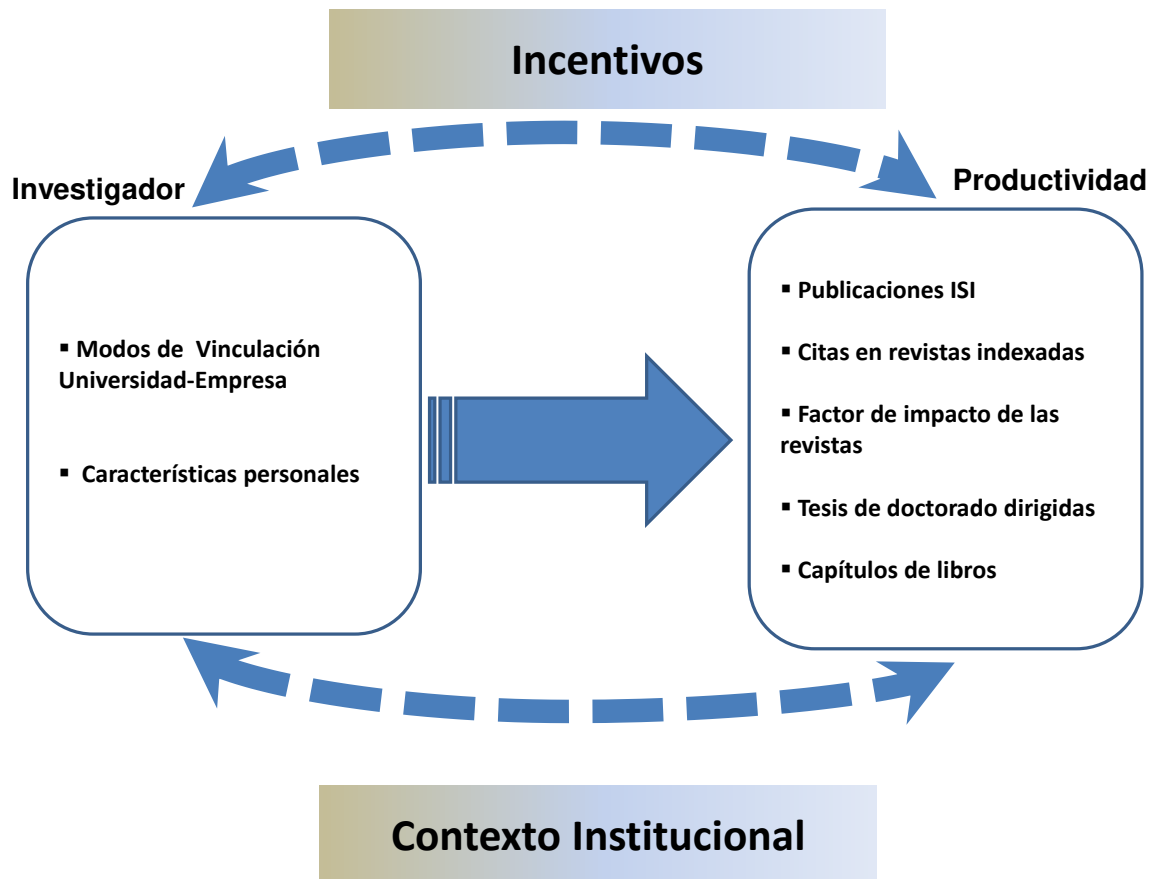
Con base en la literatura revisada en el capítulo 2 y en las preguntas de investigación que dirigen esta tesis en la figura 3.1 se presenta el marco analítico. Dado que el foco de interés de esta investigación es el efecto de las modalidades de VUE sobre la productividad de los investigadores académicos, la variable resultado es la productividad científica del investigador medido por la cantidad de publicaciones científicas en revistas indexadas así como su impacto académico medido por el número de citas recibidas y el factor de impacto de las revistas donde publican.

Aunque el centro de análisis en esta tesis es la relación entre modalidades de vinculación y productividad académica, con el fin de desarrollar una estimación econométrica más robusta se incluye un conjunto de variables que en la literatura han resultado relevantes como factores explicativos.

En la figura 3.1 el rectángulo del lado izquierdo representa las variables explicativas que están definidas para el investigador individual. Aquí se incluyen las variables eje de este trabajo que son las diversas modalidades de vinculación y algunos factores de tipo personal. El rectángulo del lado derecho significa las variables resultado empleadas en esta investigación: número de publicaciones, cantidad de citas, factor de impacto de las revistas, cuantía de tesis de doctorado dirigidas y número de artículos publicados en libros. Las flechas resaltadas en la parte superior e inferior de la figura enmarcan

variables interesantes relacionadas con la productividad pero que son contextuales en el marco de esta investigación por lo que caen fuera del foco principal de esta tesis.

Figura 3.1 Marco analítico de la investigación



Fuente: Elaboración propia

El marco analítico se construye para responder a las preguntas eje de esta investigación que son: *i)* ¿Cuáles son los determinantes más importantes de la productividad científica en México? *ii)* ¿Cuál es la relación sistemática entre las modalidades tradicionales de VUE y la productividad científica? *iii)* ¿Qué efecto tienen los determinantes de la productividad científica en la dirección de tesis de doctorado y la generación de capítulos

de libros? iv) ¿Qué impacto tienen los determinantes de la productividad científica en la heterogeneidad del desempeño productivo de los investigadores académicos?

Para abordar estas interrogantes, se eligieron las variables más significativas de la literatura previa. La sección siguiente presenta la definición de las variables incluidas en las estimaciones econométricas.

3.2.1 Variable resultado: productividad académica

La variable resultado en esta tesis está representada por la productividad científica de los investigadores individuales, y evaluada en función del número de artículos indexados y su relevancia académica, en términos de la cantidad de citas y el factor de impacto de las revistas. El grueso de la literatura sobre productividad ha utilizado como medida de productividad a las patentes, publicaciones, citas, factor de impacto de las revistas (Baser y Pema, 2004; Breschi, Lissoni y Montobbio, 2007; Carayo y Matt, 2006; González-Brambila y Veloso 2007). Además, algunos han generado índices de productividad (Levin y Stephan, 1989; Landry, Traore y Godin, 1996; Lee y Bozeman, 2005). Este trabajo incluye los indicadores usuales de productividad científica pero apunta a extender su medición más allá de los productos considerados por la literatura. La extensión consiste en incluir el número de tesis de doctorado y la cantidad de capítulos de libros, los cuales a pesar de no poseer una categoría indexada resultan valiosos en algunas disciplinas científicas.

Los indicadores de productividad científica que se incluyen en esta investigación son los siguientes:

- a) Número de artículos publicados en revistas indexadas.
- b) Cantidad de citas en artículos.
- c) Factor de impacto de las revistas donde se publica.
- d) Cantidad de tesis de doctorado dirigidas.
- e) Número de capítulos de libros publicados.

3.2.2 Variables explicativas

Como se establece en el capítulo 1, el argumento central de esta investigación afirma que las modalidades de VUE tienen un impacto diferenciado tanto en el nivel de la productividad científica como en la calidad de los productos que los académicos obtienen en la actividad de investigación. Siguiendo este razonamiento las variables explicativas clave en esta investigación son las modalidades de VUE además de un conjunto de variables individuales de los investigadores académicos.

Esta tesis se aparta del foco de interés habitual de los estudios previos sobre la relación VUE y productividad científica, que han considerado modalidades de vinculación relacionados con DPI o comercialización del conocimiento y, por el contrario centra el análisis en modalidades consideradas como “tradicionales” en la literatura. Como se documenta en el capítulo 1, diversos estudios han mostrado que este tipo de modalidades son más frecuentes y más importantes tanto en PD como en países desarrollados. Para los objetivos de esta tesis se examinan las siguientes modalidades tradicionales de VUE: investigación conjunta entre empresa e investigadores académicos, contratos de investigación, consultoría y entrenamiento. A continuación se definen todas las variables explicativas que se consideran en el análisis.

Modalidades de Vinculación

Para la definición de las modalidades de vinculación se utilizó la información recabada en la pregunta 29 del cuestionario aplicado (ver anexo 5). Se indaga sobre la importancia de un conjunto de modalidades para la actividad de investigación del académico. La ponderación se basó en la importancia que le asignan los encuestados a las modalidades que se incluyen en el análisis. Si el investigador considera importante o muy importante la modalidad específica se le asignó como 1 y como cero en caso contrario

Contratos de investigación. Esta variable incluye todos aquellos proyectos de investigación llevados a cabo únicamente por las universidades bajo la dirección y encargo de clientes del sector industrial (Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998). Se define como una variable dicotómica que toma el valor 1 si el investigador reporta practicar este tipo de actividad y cero en caso contrario.

Consultoría. Esta variable explicativa comprende las actividades desarrolladas por el investigador individual en las cuales se ofrece consejo experto y asesoría a los clientes de la industria, normalmente por compensación personal (Perkmann y Walsh, 2007). Es una variable binaria a la cual se le asigna 1 si el investigador menciona desarrollar esta modalidad y cero en caso contrario.

Proyectos de investigación conjunta. En la definición de esta variable se incluyen todos los proyectos de investigación en los cuales las empresas y los investigadores académicos cooperan para perseguir objetivos de investigación específicos de manera colaborativa (Hall, Link y Scot, 2001). Se define como una variable dicotómica que toma el valor 1 si el investigador afirma practicar esta modalidad de VUE y cero en caso contrario.

Entrenamiento. Esta variable incluye las actividades del académico dirigidas a la generación y mejora de las habilidades técnicas de los empleados de las empresas que normalmente reciben una retribución monetaria o en especie. Se caracteriza como una variable binaria a la cual se le asigna 1 si el investigador reporta desarrollar esta actividad y cero en caso contrario.

Es necesario observar que en el cuestionario aplicado a los investigadores académicos, las preguntas relativas a las modalidades de VUE se acotaron a los últimos tres años de actividad del investigador.

Características individuales de los investigadores académicos

Género. La literatura relativa a la productividad científica ha examinado el efecto de esta variable y generalmente se encuentra un diferencial importante que favorece a los hombres en comparación con las mujeres. Se introduce una variable binaria que toma 1 en caso masculino y cero en el femenino.

Edad. Esta variable es una de las más utilizadas cuando se examina el desempeño productivo y la mayoría de los estudios anteriores muestran un efecto significativo. En los modelos econométricos se toma la edad del académico y el cuadrado de la misma para probar empíricamente la relación cuadrática con la productividad científica.

Campo de Conocimiento. Esta variable también ha sido utilizada por algunos estudios sobre productividad científica y se han encontrado diferencias sustanciales por área de conocimiento. El trabajo incluye cinco campos de conocimiento de acuerdo con la

clasificación del CONACYT.⁹ Para la modelación econométrica se construyó una variable *dummy* con cinco niveles donde la categoría base es física, matemáticas y ciencia de la tierra. Además se incluye biología y química; medicina y ciencias de la salud; biotecnología y agricultura, e ingeniería.

Vinculación con las empresas. Esta variable se utiliza como característica individual de los investigadores académicos y señala la existencia de actividades de vinculación con las empresas. Se toma como una variable binaria a la que se asigna 1 si el investigador reporta tener vínculos con las empresas y cero en caso de no tenerlos. Esta información se tomó de la pregunta 25 del cuestionario en la sección IV relativa a las actividades de interacción con las empresas (ver anexo 5).

Tipo de actividad de investigación. Sólo algunas investigaciones han tomado en cuenta esta característica y aunque se asume un efecto diferenciado, su inclusión en el análisis permitirá comprobar de manera empírica ese impacto. Se incorpora una variable tipo *dummy* con tres niveles: ciencia básica, investigación aplicada y desarrollo tecnológico, donde la categoría de comparación es la primera.

3.2.4. Variables de control

Para las estimaciones econométricas se utilizan como variables de control las que se definen a continuación.

⁹ Con la finalidad de estandarizar la información que se genera en CONACYT, se adoptó el Catalogo de la Nomenclatura Internacional Normalizada Relativa a la Ciencia y la Tecnología, UNESCO, versión México 2001 (NI-UNESCO 2001). Aunque se modificó para adecuarla al caso mexicano

Efecto “vintage”. Desde el trabajo seminal de Levin y Stephan (1991) sólo algunos trabajos han tomado en cuenta esta variable. Sin embargo, dado el ritmo tan dinámico de varios campos del conocimiento se incorpora esta variable para verificar si los académicos graduados recientemente tienen un desempeño productivo superior comparados con los investigadores ya consolidados. Se incorpora como una variable binaria que se define en función del número de años desde que se obtuvo el grado de doctor. Se toma como 0 si se tiene hasta 8 años con el grado y 1 si son 9 años o más. La elección de estos rangos se basó en la distribución de frecuencias de los datos. De esta manera se fraccionó el total de las observaciones en dos secciones de acuerdo con el percentil correspondiente a la mediana.

País de obtención del doctorado. Estudios recientes sobre productividad científica han incluido este factor explicativo bajo el argumento de que el entrenamiento académico en el exterior permite un mejor desarrollo de las capacidades de investigación, mismas que redundan en una productividad del científico superior *vis-a-vis* con los doctorados nacionales. Se usa como variable binaria que toma 1 si el doctorado es nacional y cero si es extranjero.

3.2.4 Variables contextuales

El marco analítico definido en la figura 3.1 advierte que existen otras variables que afectan a la productividad de los investigadores académicos como los incentivos y la estructura institucional. Sin embargo, esta tesis se basa en un examen de tipo micro y usa como unidad de análisis a los investigadores académicos. Bajo este razonamiento se reconoce que este tipo de variables son relevantes en un contexto de análisis macro, pero no se utilizan en esta investigación como variables directamente ligadas con la variable

resultado. Sin embargo, cabe señalar que serán consideradas en el análisis de los resultados finales de la investigación para la interpretación de los hallazgos.

3.3 Diseño de Investigación

La construcción del diseño de investigación permite identificar el procedimiento que nos lleva desde las preguntas de investigación hasta la conclusión de todo el proceso. En la perspectiva de Yin (2003), es un plan que guía al investigador durante la etapa de recolección e interpretación de la información. Asimismo menciona que se focaliza en resolver cuatro problemas específicos del investigador: ¿qué preguntas estudiar?, ¿qué datos son relevantes?, ¿qué datos recolectar?, y ¿cómo analizar los resultados? Es indispensable que el diseño de investigación combine rigor y flexibilidad; rigor para enlazar la teoría con los resultados empíricos y flexibilidad para reconocer las particularidades del fenómeno estudiado de acuerdo con su propia dinámica. (Yin, 2003)

Además de los propósitos del diseño de investigación enumerados por Yin, Sarantakos (2005) refiere que: *i)* ofrece orden y claridad en el proceso de investigación; *ii)* ayuda a controlar, minimizar o incluso eliminar influencias extrañas en la recolección de datos y mejorar la calidad de los mismos; *iii)* permite evaluar la validez y confiabilidad del estudio; *iv)* clarifica los pasos de la investigación, posibilitando al investigador para anticipar y prevenir posibles errores, sesgo o distorsión en el proceso; entre otros.

También se considera al diseño de investigación como la definición de las condiciones para la recolección y análisis de los datos en una manera que permite combinar el propósito de la investigación con economía en tiempo y recursos (Selltiz *et al*, 1998). En resumen el diseño de investigación es la estructura conceptual que dirige la investigación

y constituye un esquema (*blueprint*) para la obtención, ponderación y examen de los datos.

Como se estableció en el capítulo 1, el foco de interés de este trabajo está centrado en analizar la relación sistemática entre las modalidades tradicionales de VUE y la productividad científica. Para la consecución de este objetivo, se plantea el plan de trabajo en la figura 3.2 que representa el diseño de investigación de esta tesis.

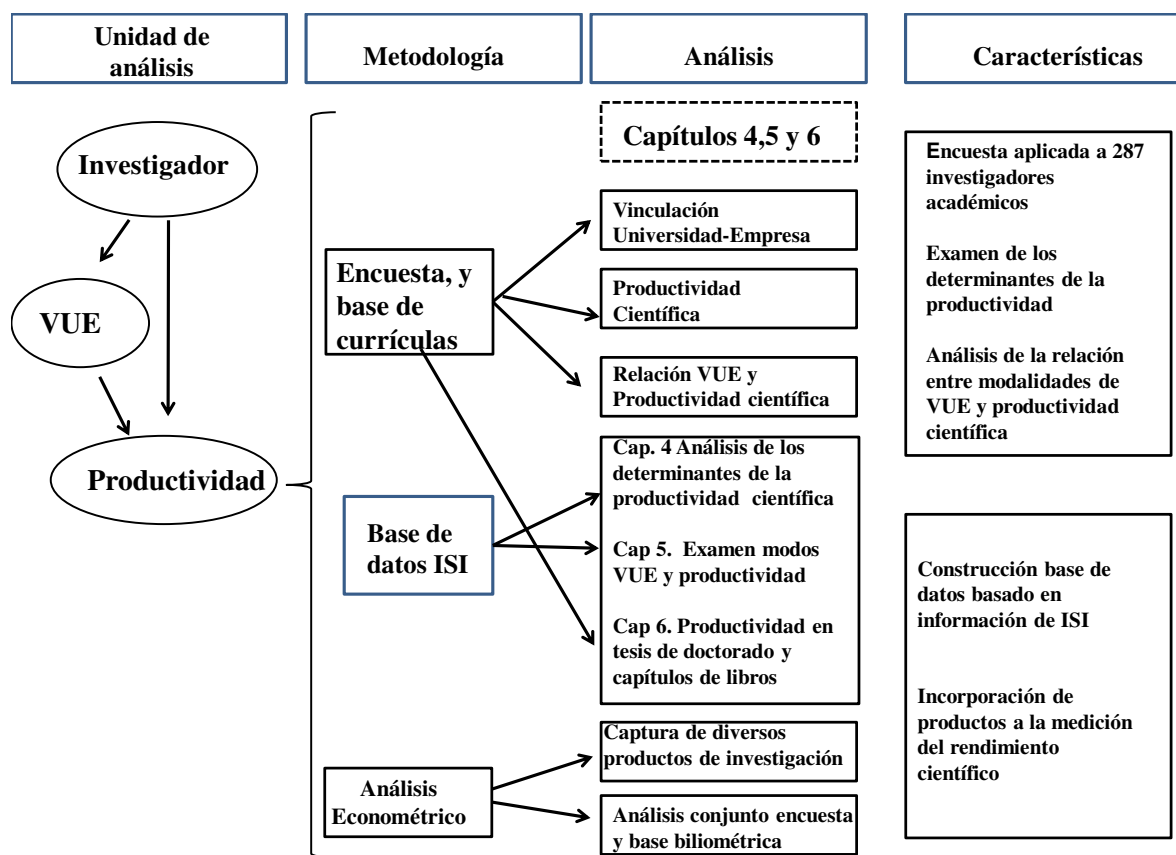
3.3.1 La Encuesta

La fuente principal de datos de este trabajo es una encuesta¹⁰ aplicada durante 2008-09 a una muestra de investigadores académicos en diversas universidades y CPI. A partir de la aplicación de este cuestionario se obtuvo información relativa a la vinculación con las empresas y sobre la productividad académica de los investigadores. Este insumo resultó fundamental para examinar la relación entre características personales y modalidades de vinculación y analizar su impacto sobre la productividad académica.

La mayoría de las preguntas del cuestionario son de escala tipo Likert. Por ejemplo, se pidió a los encuestados que evaluaran en una escala de 4 puntos, que va desde “no importante” hasta “muy importante”, las diversas modalidades de vinculación con empresas.

¹⁰ El cuestionario fue construido *ex profeso* para el proyecto “The Changing Role of the Developmental University in the South” financiado por el International Research Center (IDRC). El proyecto incluye doce países de tres continentes: América Latina (Costa Rica, Brasil, Argentina y México), Asia (India, China, Malasya, Thailandia y Corea) y África (Sudáfrica, Senegal y Ghana).

Figura 3.2 Diseño de Investigación



Fuente: Elaboración propia

El cuestionario consta de 45 reactivos distribuidos en cinco secciones: a) características personales, b) características del grupo de investigación, c) productos del investigador, d) características de la vinculación con empresas (objetivos, modalidades, etc.), y e) los incentivos y recompensas. A continuación se detallan cada una de estas secciones.

a) *Características personales.* En esta sección se solicitaron los datos particulares de los investigadores. Los reactivos incluyeron rubros como: nombre, género, año de nacimiento, máximo grado académico obtenido, universidad dónde se obtuvo el grado más alto, país y año de obtención del doctorado, disciplina científica del último grado

obtenido, institución donde labora, tipo de actividad de investigación (ciencia básica, aplicada o desarrollo tecnológico) y experiencia laboral anterior.

b) *Características del grupo de investigación.* En esta parte del cuestionario se exploran los rasgos del grupo de investigación. Los ítems solicitados son: pertenencia a un grupo de investigación, año de fundación, área del conocimiento, número de integrantes y relación del grupo con otras instituciones académicas.

c) *Productos del investigador.* Bajo este rubro se identifican los resultados de la actividad productiva del investigador. Se solicita al encuestado reporte los siguientes productos: patentes solicitadas, patentes otorgadas, número de publicaciones en revistas indexadas y software registrado a su nombre.

d) *Características de la vinculación con las empresas.* Esta sección indaga sobre las actividades de interacción del investigador con el sector productivo. Se examinan diversos tópicos sobre este tema como son: existencias de actividades de VUE, tipo de interacción y nombre de la empresa con la que se vincula, problemas específicos que generan la VUE, tipos de colaboración con las empresas por tamaño (PyME o grandes empresas), resultados y beneficios de la VUE, iniciativa y medio de contacto de la interacción, obstáculos para la colaboración con las empresas, importancia de los diferentes canales de vinculación, tipo de financiamiento para sus proyectos de investigación.

e) *Incentivos y recompensas.* En esta parte se recabo información sobre los incentivos y recompensas monetarias y no monetarias que recibe tanto el investigador como la institución como resultado de la colaboración con las empresas.

La aplicación de la encuesta se realizó por vía electrónica. Inicialmente se envió un correo para explicar a los investigadores los objetivos del proyecto e invitarlos a participar. En una segunda etapa se enviaron los cuestionarios y se dio seguimiento mediante recordatorio para que fueran contestados por los investigadores académicos.

3.3.2. Base de datos bibliométricos

La segunda etapa de recopilación de información consistió en la construcción de una base de datos con los *currículum vitae* de los investigadores que fueron encuestados. El procedimiento de recolección de la información se describe a continuación.

En primer lugar se obtuvieron los CV a partir de la base de datos de los investigadores que se encuentran afiliados al Sistema Nacional de Investigadores. Cabe destacar que estos registros contienen información actualizada de los académicos e incluyen diversos productos de su actividad científica. Los aspectos que se reportan son: publicaciones, capítulos de libros, actividades de difusión y divulgación de la ciencia y la tecnología, información sobre la pertenencia a un grupo de investigación, elaboración de libros, participación en congresos, proyectos de investigación desarrollados y tesis dirigidas.

Una vez recabada la información de los CV, se generó la base de datos con los artículos reportados por los académicos para el CONACYT. Con el objetivo de eliminar el sesgo cognitivo y retrospectivo (Miller *et al*, 1997), se verificaron cada una de las publicaciones y el número de citas reportados en el CV en la base bibliométrica de SCOPUS. El periodo de análisis fue de 2006-2009 en el caso de artículos publicados y de 2007-2011 para el análisis de las citas y el factor de impacto. Los rubros que se incluyen en la base de datos final son: publicaciones, citas, factor de impacto, tesis de doctorado dirigidas y capítulos de libros.

3.4 Estrategia operativa de investigación

En esta sección se expone el procedimiento de análisis empírico de investigación que se siguió para el desarrollo de esta tesis. En la primera sección se describen las características de la muestra. La explicación de las técnicas de análisis de la información recabada se presenta en el segundo apartado.

3.4.1 Perfil de la muestra

El proceso de obtención de los datos se llevó a cabo en dos etapas. En primer lugar se aplicó la encuesta a toda la muestra seleccionada y, en una segunda etapa se construyó la base de datos y verificó la información sobre artículos y citas en SCOPUS. Una tercera fase consistió en limpiar y revisar las bases de datos para corregir inconsistencias y errores.

En la etapa inicial de recolección de la información, se contaba con un marco muestra compuesto de 5880 investigadores. Los datos fueron obtenidos vía email y se hizo un seguimiento para convencerlos de contestar el cuestionario. Dado que se obtuvo un muy bajo nivel de respuesta se amplió el marco de selección de la muestra con una lista del CONACYT de 2043 investigadores de diversos campos del conocimiento que están activos en la aplicación por financiamiento para investigación. Además se complementó esa lista con 1380 académicos que trabajan en los departamentos de ingeniería de los principales CPI para incluir investigadores que no son miembros del Sistema Nacional de Investigadores pero que tienen actividades de vinculación.

Para el análisis que se desarrolla en esta tesis, y con la finalidad de hacer viable la comparación entre investigadores, se tomó como marco muestral solamente académicos incorporados al Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT. Considerando este subconjunto de casos, se obtuvo una tasa de respuesta del 14%. La muestra final para el análisis consta de 287 investigadores de los cuales el 22.65% corresponden al género femenino y 77.35% al masculino. Con respecto a la edad el rango abarca desde 30 años hasta 78 con una media de 47.104 y una desviación estándar de 8.75.

Los investigadores encuestados abarcan cinco áreas científicas de acuerdo a la clasificación del CONACYT. Se tiene un 18.47% de física, matemáticas y ciencias de la tierra; un 20.91% de biología y química; 7.32% de medicina y ciencias de la salud; de biotecnología y agricultura se tiene un 29.27%; y un 24.03% de ingeniería. Considerando el nivel de los encuestados en el Sistema Nacional de Investigadores, un 9.42% son candidatos, 60.62% son de nivel I, 23.69% pertenecen al nivel II y 6.27% están ubicados en el nivel III.

Con respecto a las características profesionales, para la construcción de la variable “*vintage*” se contó número de años que han transcurrido desde que el investigador obtuvo el grado de doctor. El rango del “*vintage*” va desde 0 hasta 49 años con una media de 10.09 y una desviación estándar de 7.9 años. En cuanto a la actividad de investigación se tiene un 28.57% que se dedican a ciencia básica, un 56.45% laboran en ciencia aplicada y un 14.98% trabajan en desarrollo tecnológico. La muestra contiene un 74.56% que están afiliados a un grupo de investigación en tanto que un 25.44% no lo están.

Dentro de la muestra un 66.55% laboran en universidades y un 33.45% lo hacen en algún CPI. En lo que respecta al país de obtención del doctorado el 58.89% es de tipo nacional

mientras que 41.11% son graduados en el extranjero. Finalmente el 57.49% reportan que sí se vinculan con el sector industrial mientras que el 42.51% refieren que no lo hacen.

Como se describe con más detalle en la sección 3.3.2, para la obtención de los datos relevantes para el análisis bibliométrico se construyó una base de datos que incluye los CV y el desempeño productivo de los investigadores con datos reportados en la base bibliométrica de SCOPUS.

3.4.2 Análisis de la información

Desde la perspectiva de Sarantakos (2005) el análisis de los datos comienza donde termina la recolección de información y a partir de este punto el investigador sigue un proceso sistemático que comienza con la preparación para introducirlos al examen estadístico, seguido por la introducción de los datos, y finalmente por el procesamiento y análisis de los mismos. La etapa del procedimiento incluye entonces: *i)* preparación; *ii)* introducción de los datos; *iii)* presentación de gráficas y/o tablas; *iv)* procesamiento y análisis; *v)* interpretación de los hallazgos y, *vi)* formalización de conclusiones.

De manera similar Yin (2003) considera que el análisis de la información consiste en examinar, categorizar, probar y re-combinar la evidencia cuantitativa y cualitativa para probar las proposiciones o hipótesis iniciales de la investigación. Asimismo, a través del análisis de la información se busca construir una explicación que permita congruencia entre los hallazgos empíricos y la teoría a la cual se recurre, es decir comprobar la validez del estudio. En función de los objetivos de esta tesis, se emplearon las siguientes técnicas: a) estadística descriptiva; b) modelos econométricos lineales generalizados y c) regresión cuantílica para datos contables.

a) Estadística descriptiva

Como una primera aproximación al análisis de datos se emplea estadística descriptiva. Como menciona Sarantakos (2005) este tipo de técnicas permite esclarecer las relaciones entre las variables y ofrece información para diseñar métodos de análisis más avanzados. Básicamente se utilizaron técnicas de estadística descriptiva simple como media, varianza y medidas de correlación.

b) Modelación econométrica de datos contables¹¹

Para estimar el impacto de las variables explicativas sobre los productos de la investigación, se construyó una serie de modelos lineales generalizados (MLG) considerando la distribución binomial negativa o gama como funciones de enlace. Este tipo de modelos permite estimar el impacto de las variables independientes sobre la cantidad de productos científicos (artículos, citas, libros, etc.). Enseguida se esbozan las características de este tipo de regresiones

Cuando se tiene una variable dependiente contable normalmente el modelo de regresión lineal (MRL) no se puede utilizar debido al tipo de distribución que caracteriza a ese tipo de datos. Debido a que los residuales no se distribuyen normalmente, los estimadores obtenidos están sesgados. Como alternativa se ha empleado la regresión Poisson particularmente en casos donde no existe un denominador natural, es decir donde no existe un borde superior o límite en la magnitud que puede tomar la variable. Por el contrario la distribución Binomial se focaliza en las proporciones observadas de los datos. Algunos ejemplos de conteo de datos donde el modelo Poisson puede funcionar son: i) el número de accidentes de automóvil en una región dada para un periodo determinado; ii) el número de fallas en un servidor de una compañía de internet; o iii) el número de terremotos de cierta magnitud en una región sísmica dada para una década. Cuando un modelo Poisson resulta adecuado para estimar alguna variable dependiente Y_i ,

¹¹ El término datos contables se refiere a variables cuantitativas que son de tipo discreto, es decir que sólo toman valores enteros y no fraccionarios o decimales.

las probabilidades de observar un número específico de casos y_i , está dado por la fórmula:

$$P(Y = y) = \frac{\lambda^y e^{-\lambda}}{y!},$$

Donde λ es conocido como el parámetro de la población, es decir la media, $y!$ es el factorial de y ($y! = y (y-1) (y-2) \dots (2) (1)$). Esta variable aleatoria tipo Poisson tiene una esperanza matemática $E(Y) = \lambda$, y una varianza $Var = \lambda$. El hecho de que la media y la varianza son estadísticamente iguales permite utilizar la distribución Poisson al estimar una regresión sobre datos de tipo contable. En los ejemplos señalados anteriormente, λ describiría: *i*) el promedio de accidentes de automóvil por año, *ii*) el promedio de fallas del servidor de internet en un año, etc.

En resumen, la distribución Poisson resulta apropiada cuando la media poblacional resulta estadísticamente igual a la varianza poblacional. La dificultad radica en que no todas las distribuciones de variables contables cumplen con este supuesto que exige esta distribución. Al estimar un modelo Poisson con datos que no satisfacen este requisito los estimadores resultan sesgados por que los errores estándar de la regresión están subestimados (Green, 2002). El problema es la sobre-dispersión de los datos que se presenta cuando la media y la varianza no son iguales estadísticamente.

Como alternativa para las distribuciones de datos contables en las que la media y la varianza no coinciden se tiene la distribución Binomial Negativa, la cual sí permite el manejo de sobre-dispersión en los datos. Considerando un caso univariado, la distribución Binomial negativa de Y está dada por:

$$P(Y = y) = \left(\frac{r}{r + \lambda} \right)^r \frac{\Gamma(r + y)}{\Gamma(y + 1)\Gamma(r)} \left(\frac{\lambda}{r + \lambda} \right)^y,$$

Donde Γ es la función gamma. La media de la distribución Binomial negativa es λ (como en el caso de la Poisson) pero la varianza es $\lambda + \lambda^2/r$, donde r es denominado el parámetros de dispersión. Como se puede inferir a partir de la fórmula anterior, a medida que r se incrementa (y λ se mantiene fija), entonces la distribución Binomial negativa converge hacia la distribución Poisson ($Var(Y)$ tiende a λ). Esto significa que el modelo Binomial negativo es más general que el Poisson y puede considerarse como una mezcla de distribuciones Poisson. (Green, 2002)

Además de los modelos de regresión Poisson y Binomial negativa, literatura reciente sobre modelación econométrica de datos contables resalta el uso de los modelos lineales generalizados (MLG) para este tipo de variables. Nelder y Wedderburn (1972) introdujeron la teoría de los MLG al detectar una unidad subyacente para una gama de modelos de regresión. Esta clase de estimaciones consiste de modelos cuya variable resultado, es decir la variable que el modelo trata de explicar, se supone que sigue a una de las familias de distribución de probabilidad derivadas de la exponencial. Esta familia de distribuciones incluye la Gausiana o normal, Binomial, Poisson, Gausiana inversa, geométrica, la Binomial negativa y la Gama. Básicamente, un MLG, está constituido por cuatro componentes fundamentales (Hilbe, 1993):

1. Un componente aleatorio para la respuesta de la variable resultado y, la cual sigue una distribución que pertenece a la familia exponencial.
2. Un componente lineal sistemático que relaciona la variable resultado con el vector de las variables explicativas.

3. Una función monótonica conocida y diferenciable que es la función de enlace $g(\cdot)$ y relaciona linealmente las variables explicativas con los valores estimados.
4. La varianza cambia con las variables explicativas sólo como una función de la media.

El argumento estadístico subyacente es el siguiente: mientras que los modelos lineales consideran a la variable resultado y como la suma de sus medias y una variable aleatoria ε , Nelder y Wedderburn linealizaron cada familia de MLG por medio de una función de enlace. Además de introducir esta función que asocia las variables explicativas con los valores ajustados del modelo, también introducen una función de varianza como elemento adicional en la ponderación de la regresión.

Con base en la exploración bibliográfica sobre modelos econométricos y mediante ensayos empíricos se eligió para el análisis de la información la construcción de MLG para el análisis de los datos. Para el caso de variables de tipo contable se utiliza como función de enlace la distribución de probabilidad Binomial negativa. Mientras que para el caso de factor de impacto, la distribución que recomiendan los teóricos de econometría es la distribución gama dado que es una variable continua con distribución sesgada (Hardin y Hilbe, 2007).

c) Regresión cuantílica para datos contables

Normalmente, en un modelo econométrico, se asume que una variable dependiente y es función de cierto número de variable explicativas. La mayoría de los análisis de regresión

se centran en estimar la tasa de cambio en la media de la distribución de la variable resultado en términos de una función que depende de las variables explicativas. Es decir, la función de regresión queda definida por el valor esperado de y condicionado con los valores que toma X , $E[y/X]$. Mosteller y Tukey (1977) ya habían notado que era posible ajustar una línea de regresión a otras partes de la distribución de probabilidad de la variable respuesta (además de la media), por lo que los análisis de regresión podrían estar ofreciendo una estimación sesgada de la verdadera relación entre las variables. Este aspecto es especialmente problemático para modelos de regresión con varianza heterogénea.

Un modelo de regresión con problemas de varianza heterogénea significa que no existe una sola tasa de cambio que generalice los cambios en la distribución de probabilidad de la variable respuesta en términos del efecto que tienen las variables explicativas incorporadas en el modelo. Algunos investigadores ya han demostrado que centrar el análisis exclusivamente en las medias puede subestimar, sobre-estimar o incluso fallar en distinguir cambios reales en distribuciones heterogéneas (Terrel *et al*, 1996; Cade, Terrell y Schroeder, 1999).

Como alternativa para la dificultad de varianza no homogénea en la variable resultado se diseñó la regresión cuantílica (RC). La RC fue desarrollada a finales de los 1970s por Koenker y Bassett (1978), como una extensión del modelo lineal para estimar la tasa de cambio en todas las secciones de la distribución de probabilidad de la variable respuesta. Los estimadores que se obtienen son semi-paramétricos en el sentido que no se asume ninguna forma de distribución para los errores aleatorios. Los cuantiles condicionales, denotados *pr* $Q_y(\pi/X)$ son el inverso de la función de distribución acumulativa condicional de la variable resultado, $F_{y^{-1}}(\pi | X)$, donde $0 < \pi \leq 1$, representa los cuantiles. Por ejemplo, si se tiene $\pi = 0.90$, $Q_y(0.90/X)$ es el percentil 90 de la distribución de y condicionada por los valores de X ; es decir, 90% de los valores de y son menores o iguales al valor estimado por la función de X .

La metodología construida por Koenker y Bassett, se aplica normalmente para funciones que son lineales en los parámetros, por ejemplo $Qy(\pi/X) = \beta_0(\pi)X_0 + \beta_1(\pi)X_1 + \beta_2(\pi)X_2 + \dots + \beta_p(\pi)X_p$, donde la notación (π) indica que los parámetros se refieren a un cuantil específico π . Los parámetros estimados en una regresión lineal cuantílica tienen la misma interpretación de los del modelo lineal normal. Son las tasas de cambio condicional en los efectos ajustados de las otras variables en el modelo, sólo que ahora están definidas para un cuantil específico de la distribución de la variable respuesta.

Desde su aparición, la RC ha sido usada normalmente cuando es necesario conocer el efecto de las variables explicativas sobre toda las porciones de la distribución de la variable resultado. Sin embargo, para el caso de las variables contables, como las que se usan en esta investigación (número de artículos, cantidad de citas) la RC resultaba problemática por el hecho de que la variable es discreta y además, la función objetivo de la regresión es no diferenciable. Bajo estas premisas, es imposible obtener resultados asintóticos válidos para la distribución condicional de los cuantiles usando las técnicas estándar de la econometría.

Hasta 2005, la estimación de la RC para variables de conteo no era viable pues se tiene una variable dependiente discreta y, por lo tanto, una función objetivo que no se puede diferenciar. Pero Machado y Santos Silva (2005), sugirieron suavizar los datos para supera las dificultades con las variables de tipo contable. El argumento es construir una variable aleatoria continua cuyos cuantiles tienen una relación conocida con los cuantiles de la variable bajo análisis y . Este se logra mediante la generación de una variable auxiliar $z_i = y_i + \varepsilon_i$, donde ε representa la adición de una variable aleatoria uniforme. Este procedimiento genera una variable continua cuya distribución se suaviza casi por completo. En consecuencia, la RC normal se puede aplicar a una transformación monótonica de z . Esta transformación monótonica permite asegurar que los cuantiles

estimados de z resulten no negativos y que la función de transformación de los cuantiles sea lineal en los parámetros.

Debido a las propiedades y ventajas que ofrece la RC, se eligió como estrategia econométrica para explorar la heterogeneidad y desigual distribución de la producción científica. El uso de este tipo de modelos econométricos permitirá identificar el efecto de las variables explicativas sobre los diferentes percentiles de las variables dependientes.

Capítulo 4: Determinantes de la productividad científica: evidencia de investigadores académicos mexicanos

4.1 Introducción

El propósito de este capítulo es analizar los determinantes de la productividad científica para el caso de los investigadores académicos mexicanos. Con base en la exploración de estudios empíricos previos presentada en el capítulo 2 se eligieron las variables independientes que han mostrado un efecto significativo en la productividad científica como son: número de artículos publicados, la cantidad de citas y el factor de impacto de las revistas. Asimismo, como se destacó en el capítulo 3, la revisión de la literatura sobre modelación econométrica permitió seleccionar las técnicas de análisis más adecuadas en función del tipo de datos y del objetivo de esta investigación. Para este análisis se eligió utilizar la modalidad econométrica de MLG con función de enlace de naturaleza binomial negativa para el caso de número de artículos publicados y la cantidad de citas. Dado que la variable factor de impacto es de tipo continua, se optó por la función de enlace de tipo gamma. El criterio de selección se basó en las recomendaciones de la literatura revisada sobre MLG (Nelder y Wedderburn, 1972; Winkelmann, 2010; Hardin y Hilbe, 2007)

Como se documenta en la sección 2.4.1, el grueso de los estudios sobre los determinantes de la productividad científica se ha focalizado en los países desarrollados y los estudios

en los PD son más escasos.¹² Este capítulo tiene como propósito abonar en la discusión sobre los determinantes de la productividad científica para el caso de los PD, particularmente de los investigadores académicos mexicanos.

El capítulo está dividido en cinco secciones. En la sección segunda se presenta la definición de las variables incluidas en las estimaciones econométricas. La sección tercera incluye la estrategia de investigación utilizada para explorar los determinantes de la productividad científica. Los resultados de los modelos se presentan en la cuarta sección. Finalmente la sección quinta contiene la discusión y conclusiones de los hallazgos empíricos.

4.2 Variables y modelo econométrico

En el apartado 3.2 se presenta la definición amplia de las variables usadas en las estimaciones econométricas por lo que en esta sección únicamente se reportan de manera sintética las que corresponden al análisis particular de este capítulo.

Variables resultado

El cuestionario aplicado para la recolección de datos contiene un apartado específico que explora los diferentes productos de la actividad de investigación de los encuestados. Se indaga sobre el número de: artículos publicados en revistas indexadas, patentes nacionales solicitadas y/o aceptadas, patentes extranjeras solicitadas y/o aceptadas, software registrado tanto en el país como en el extranjero, capítulos de libros y tesis de posgrado dirigidas. Con base en el objetivo de esta tesis, en este capítulo se utilizó la

¹² En la revisión de literatura describimos tres estudios en PD: Garg y Rao (1988) en India, González-Brambila y Veloso (2007) y Rivera *et al* (2011) en México.

información relativa a la cantidad de artículos publicados en revistas indexadas. Esta información se confirmó y complementó con el número de citas de cada uno de los artículos así como el factor de impacto de las revistas mediante verificación en la base bibliográfica de SCOPUS.

Como una primera aproximación al examen de los datos, en este capítulo se exploran los determinantes de la productividad científica para la muestra seleccionada; las variables dependientes son: la cantidad de artículos publicados, el número de citas y el factor de impacto de las revistas donde publican los investigadores. Como se refiere en el apartado 3.3.2, la fuente de datos que se utilizó es la base de datos bibliográficos de SCOPUS para el periodo de 2006-2009 en el caso de artículos publicados y de 2007-2011 para el análisis de las citas y el factor de impacto.

Variables explicativas y de control

Las variables explicativas que se introducen en la modelación econométrica son: género, edad, área de conocimiento, actividades de VUE y tipo de actividad de investigación. En tanto que como variables de control se utilizan: efecto “*vintage*” y país de obtención del doctorado. La tabla 4.1 resume la definición de las variables utilizadas. Cabe señalar que, inicialmente, se probaron las variables nivel del investigador en el Sistema Nacional de Investigadores y pertenencia a un grupo de investigación. Sin embargo, dado que no mostraron resultados significativos se excluyeron en los modelos finales.

Como se documenta en el apartado 3.4.2 algunos trabajos econométricos han confirmado que el MRL para variables de conteo puede dar como resultado estimadores ineficientes, inconsistentes y sesgados (Cameron y Trevi, 1998; Winkelman, 2010). La razón que subyace a este resultado es que las variables contables por regla general no se distribuyen

Tabla 4.1. Variables explicativas usadas en las estimaciones econométricas

Variables	Definición	Tipo	Valores
Género	Genero del investigador	Binaria	1 masculino y 0 femenino
Edad	Edad del investigador	Númerica	
Edad_cuad	Cuadrado de la edad	Númerica	
Fis_Mate	Física, Matemáticas y C. de la Tierra	Dummy	1 Física, mat.. o C. de la Tierra, 0 en otro caso
Bio_Quím	Biología y Química	Dummy	1 Biología o química, 0 en otro caso
Med_CS	Medicina y Ciencias de Salud	Dummy	1 Medicina/C. de la salud, 0 cualquier otro caso
Btec_Agri	Biotecnología y Agricultura	Dummy	1 Biotecnología/Agri. 1, 0 en otro caso
Ingeniería	Ingeniería	Dummy	1 Ingeniería, 0 cualquier otro
Vinculacion	Vinculación con las empresas	Binaria	1 sí se vincula y 0 si no lo hace
Ciencia básica	Trabaja en áreas de ciencia básica	Dummy	1 básica, 0 cualquier otro caso
Ciencia aplicada	Laborando en ciencia aplicada	Dummy	1 aplicada, 0 en otro caso
Desarrollo tec.	Dedicado a desarrollo tecnológico	Dummy	1 desarrollo tecnológico, 0 en otro caso
Vintage	Núm. de años desde que terminó Doctorado	Binaria	1 más de 8 años, 0 en caso contrario
País Doc	País de obtención del Doctorado	Binaria	1 Doctorado nacional , 0 extranjero
Contratos de Inv	Vinculación por contratos de investigación	Dummy	1 si se vincula, 0 en otro caso
Consultoría	Se vincula mediante consultoría a empresas	Dummy	1 si tiene vinculación, 0 en cualquier otro caso
Proyectos conjuntos	Vinculación mediante proyectos conjuntos	Dummy	1 si se vincula, 0 en otro caso
Entrenamiento	Se vincula mediante cursos de capacitación	Dummy	1 se vincula, 0 en cualquier otro caso

Fuente: Elaboración propia

normalmente sino que presentan un notable sesgo hacia la derecha. En otros términos, una proporción muy alta de la población presenta conteos bajos en tanto que otra proporción mínima presenta valores muy altos. Como alternativa para este tipo de

modelos se utilizan tanto el modelo Poisson como el Binomial Negativo. El análisis exploratorio de los datos utilizados en esta tesis muestra que efectivamente la distribución de las variables se encuentra sesgada hacia la derecha como lo muestran las gráficas 4.1 a la 4.3 presentadas en el Anexo 1.

Aunque el modelo de regresión Poisson ha sido ampliamente utilizado por diversos autores para examinar la productividad científica (Turner y Mairesse, 2003; Dietz y Bozeman 2005), ha recibido fuertes críticas de algunos econométricos teóricos quienes señalan que un supuesto restrictivo de este tipo de distribución es que la media debe ser estadísticamente igual a la varianza. No obstante, la evidencia muestra que este supuesto generalmente no se cumple cuando se manejan variables dependientes de tipo contable (Hausman, Hall y Griliches, 1984; Cameron y Trivedi, 1998; Winkelmann, 2010)

En el caso de los datos para el análisis desarrollado en esta tesis no se cumple el supuesto que exige la regresión Poisson pues para las variables resultado utilizadas en los modelos econométricos existe una diferencia notable entre las medias y las varianzas de cada una de ellas (ver Tabla 4.6). Si bien la regresión binomial negativa (RBN) resultaría la más apropiada para el examen empírico de los datos, como se documenta en la sección 3.4.2, la revisión de literatura reciente sobre modelación econométrica sugiere utilizar MLG con función de enlace binomial negativa para variables contables. Para la construcción de los modelos econométricos de este capítulo se usó este tipo de función de distribución ya que mostró empíricamente un mejor ajuste. En el caso del factor de impacto los teóricos de la econometría recomiendan usar MLG con función de enlace gamma que permite estimar variables continuas con una distribución sesgada por la derecha. Siguiendo esta recomendación, para las estimaciones donde el factor de impacto es la variable respuesta se eligió este tipo de estimación.

Bajo estas consideraciones la forma funcional de la regresión que se estima para el análisis de los datos es la siguiente:

$$\begin{aligned} NUM_VAR_i = & \beta_0 + \beta_1 GENERO_i + \beta_2 EDAD_i + \beta_3 EDAD_CUA_i + \beta_4 BIO_QUÍM_i + \beta_5 MED_CS_i + \beta_6 BTEC_AGRI_i \\ & + \beta_7 INGE_i + \beta_8 VINCULA_i + \beta_9 APLI_i + \beta_{10} DESA_TEC_i + \beta_{11} VINTAGE_i + \beta_{12} PAÍS_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

Donde NUM_VAR es el indicador de la variable resultado que se considera en el modelo econométrico y los coeficientes de las betas representan el vector de variables explicativas y de control.

4.4 Resultados empíricos

Esta sección describe los resultados de las estimaciones econométricas. Se presentan en primera instancia los hallazgos sobre publicación de artículos y se cambia iterativamente la variable dependiente para examinar el número de citas y el factor de impacto en las secciones sucesivas

Para la validación de todos los modelos econométricos se utilizaron los criterios más ampliamente aceptados en la literatura econométrica que son: el logaritmo de verosimilitud (*log likelihood*), el factor de desviación (*deviance*) y el índice de residuales de Pearson. Todos los indicadores muestran un mejor ajuste del modelo con el vector de variables explicativas cuando se contrasta con el modelo que no las incluye.

Además, se verificó la posibilidad de multi-colinealidad en el conjunto de variables explicativas y aunque algunas presentan una correlación media-alta, las pruebas de

colinealidad mostraron que no existe un grado de correlación entre las variables independientes que pueda comprometer la validez de los resultados de las estimaciones (ver tablas 4.8 y 4.9 en el Anexo 1).

4.4.1 Análisis de los artículos publicados

La tabla 4.2 muestra los resultados que se obtuvieron en el modelo econométrico correspondiente al número de artículos publicados. Como se observa la mayoría de las variables explicativas resultaron significativas. Esto indica que la productividad científica de los investigadores mexicanos medida por el número de artículos indexados publicados estaría siendo explicada por la edad de investigador, sus actividades de VUE y el tipo de actividad de investigación. El análisis detallado de cada uno de estos factores se presenta a continuación. Cabe señalar que en el caso de las variables relativas a género, las áreas de medicina y ciencias sociales, ingeniería y país de obtención del doctorado por el investigador no presentaron impacto notable sobre la cantidad de artículos publicados. A continuación se analizan estos resultados.

De acuerdo con la estimación econométrica, para la muestra analizada no se detecta diferencia significativa en el promedio de artículos publicados de los hombres en relación con las mujeres. Esto se observa dado que el coeficiente del factor género resultó no significativo. Al respecto, estudios previos para el caso mexicano arrojaron resultados semejantes, es decir, no se confirma empíricamente una productividad más alta de los varones con respecto a las mujeres (González-Brambila y Veloso, 2007). Estudios recientes han encontrado que evidencia robusta de que esta discrepancia se debe a factores no relacionados específicamente con el género, como son la organización estructural en la academia y el acceso limitado a recursos que faciliten la publicación de artículos para el género femenino. Además, se ha notado que el diferencial entre los

niveles de productividad científica entre hombres y mujeres ha declinado en años recientes. (Xie y Shauman, 1998)

Por lo que se refiere a la edad, como al cuadrado de la misma, de acuerdo con los resultados del modelo, tienen significancia estadística moderada sobre la productividad científica medida por las publicaciones indexadas. La edad presenta una correlación positiva con la producción de artículos científicos. Por otro lado, el signo negativo de la edad al cuadrado corrobora una relación de tipo cuadrático, es decir que el número de publicaciones va decreciendo, a partir del punto máximo, a medida que aumenta la edad del académico. Este patrón de comportamiento coincide con lo verificado en diversos análisis previos. (Hall, Mairesse y Turner, 2007; Jones, 2005; Lissoni *et al*, 2011)

Con respecto a los campos del conocimiento, el resultado sugiere que los investigadores inmersos en el área de biología y química producen un número inferior de artículos indexados en comparación con los académicos de física, matemáticas y ciencias de la tierra. Esto se muestra por el coeficiente débilmente significativo y de valor negativo obtenido para ese campo.

La modelación econométrica no arroja significancia estadística ni para el estimador correspondiente al área de medicina y ciencias de la salud, ni para el relativo a ingeniería, lo que indica que no existe una diferencia importante en la cantidad de artículos publicados entre los científicos de estas dos áreas y los pertenecientes a física, matemáticas y ciencias de la tierra.

Para el campo de biotecnología y agricultura se observa un coeficiente negativo con moderada significancia estadística. La interpretación de este resultado indica que los académicos pertenecientes a esta área estarían produciendo una cuantía menor de

artículos al ser contrastados con los investigadores de física, matemáticas y ciencias de la tierra.

La variable relativa a las actividades de VUE presenta un efecto significativo moderado y de valor positivo sobre el número de publicaciones. Este hallazgo sugiere que los investigadores que se vinculan con las empresas tienen en promedio una cantidad moderadamente superior de artículos publicados si se comparan con los académicos que no interactúan con las empresas. Este resultado contradice la afirmación de algunos investigadores de que existe un *trade-off* entre la VUE y la productividad científica de los académicos (Buenstorf, 2009; Czarnitzki y Toole, 2009; Czarnitzki, Glänzel y Hussinger, 2009). En el caso de los investigadores mexicanos de la muestra analizada, los resultados dan soporte a la hipótesis contraria, es decir los investigadores que se involucran en este tipo de actividades se estarían volviendo más productivos. El hecho de considerar las publicaciones indexadas estaría ofreciendo evidencia de que no sólo se trata de un efecto en la cantidad, sino que se trata de publicaciones de calidad avalada.

Con respecto a los estimadores obtenidos para las variables relativas al tipo de actividad de investigación del académico resultaron altamente significativas pero con un coeficiente negativo que favorece a la ciencia básica. Este hallazgo prueba empíricamente que cuando el investigador se dedica a investigación aplicada o desarrollo tecnológico el número de artículos publicados disminuye comparado con aquellos científicos que trabajan en investigación básica. Una posible explicación posible para este hallazgo es que el producto que obtienen los investigadores dedicados a ciencia básica está más relacionados con las publicaciones, mientras que los comprometidos con ciencia aplicada y desarrollo tecnológico logran resultados que son menos apropiados para ser publicados, es decir, obtienen otro tipo de productos no relacionados con la publicación de artículos científicos.

Por otra parte, con respecto a la existencia de una relación cuadrática entre VUE y productividad científica, de acuerdo con los estimadores obtenidos en el modelo, no existe un efecto perjudicial de las actividades de VUE sobre el número de artículos científicos publicados. Lo cual refuerza el argumento de que no existe un *trade-off* entre las actividades de VUE y la productividad científica.

Tabla 4.2 Determinantes de la publicación de artículos

Variables	Coef.		Err. Std..	z	P>z
género	-0.1370		0.1710	-0.80	0.423
edad	0.1520	**	0.0705	2.16	0.031
edad_cua	-0.0017	**	0.0007	-2.44	0.015
bio_quím	-0.4016	*	0.2195	-1.83	0.067
med_cs	-0.3530		0.3012	-1.17	0.241
btec_agri	-0.5080	**	0.2139	-2.38	0.018
ingeniería	-0.1800		0.2135	-0.84	0.399
vinculación	0.3763	**	0.1614	2.33	0.020
c_aplicada	-0.4747	***	0.1638	-2.90	0.004
desarro_tec	-0.9084	***	0.2304	-3.94	0.000
vintage2	0.3281	*	0.1762	1.86	0.063
país	-0.0692		0.1567	-0.44	0.659
_cons	-1.2721		1.6935	-0.75	0.453
No. of obs = 287			Log likelihood = -734.6735182		
Deviance = 355.5097745			(1/df) Deviance = 1.297481		
Pearson = 263.2858702			(1/df) Pearson = .9608973		
*z<0.10 **z<0.05 ***z<0.01					
Fuente: elaboración propia					

Para la muestra analizada, es decir el caso mexicano, se obtuvo significancia estadística positiva entre el efecto “*vintage*” y la productividad científica. Esto sugiere que los investigadores académicos instruidos recientemente resultan menos productivos en términos de artículos indexados publicados que aquellos educados con anterioridad.

Como se documenta en el capítulo 3, una variable que ha sido poco analizada en el contexto de la productividad científica es precisamente el efecto “*vintage*”. Con base en el concepto de “progreso secular del conocimiento” (Mincer, 1976, 21), se supone que, dado el acelerado avance de los campos de la ciencia, los académicos recientemente graduados serían los mejor entrenados y por lo tanto deberían tener un desempeño en publicaciones más alto. Sin embargo, esta hipótesis no se comprueba para la muestra estudiada pues se obtuvo significancia estadística de signo positivo. El hallazgo es consistente con el estudio de Levin y Stephan (1991) para una muestra de académicos de física y ciencias de la tierra, donde sus resultados muestran un efecto no significativo en cinco de las seis áreas que analizaron en su estudio. Es necesario señalar que tanto en la muestra como en la población total, la planta de investigadores está envejeciendo y hay pocos investigadores jóvenes para el caso de México.

Los resultados del modelo econométrico presentan un coeficiente no significativo para la variable país de obtención del doctorado. El resultado sugiere que no hay una diferencia notable en el promedio de artículos publicados cuando se comparan los investigadores que obtuvieron su doctorado en el extranjero con aquellos que se graduaron en México. Esta variable no ha sido suficientemente analizada en la literatura previa y sólo el estudio de González-Brambila y Veloso (2007) lo ha tomado en consideración para el caso mexicano, encontrando resultados semejantes.

4.4.2 Análisis del número de citas

En este apartado se reportan los resultados obtenidos en las estimaciones econométricas que incluyen como variable respuesta el número de citas recibidas en artículos publicados en revistas indexadas. La tabla 4.3 muestra los estimadores obtenidos en la regresión. Los resultados sugieren que la productividad científica evaluada por el número de citas recibidas en revistas indexadas es explicada por el género del investigador, la edad, algunos campos de la ciencia, las actividades de VUE y el tipo de actividad de investigación. Sin embargo algunas variables explicativas no presentaron efecto significativo tales como el país de obtención del doctorado, el efecto “*vintage*” y algunos campos de la ciencia. El examen detallado de cada uno de estos factores se presenta a continuación.

Con respecto al género el modelo sugiere que el número de citas en revistas indexadas que reciben los hombres es ligeramente mayor que el alcanzado por las mujeres para la muestra analizada de investigadores mexicanos. Como se observa se obtuvo un coeficiente positivo con débil significancia estadística. El hallazgo es consistente con algunos estudios empíricos previos (Turner y Mairesse, 2003; González-Brambila y Veloso 2007; Lissoni *et al*, 2011).

El factor edad tiene un efecto positivo débil y la edad al cuadrado un signo negativo con significancia estadística alta. Este resultado muestra empíricamente el patrón cuadrático que sigue el número de citas a medida que la edad del investigador se incrementa. Como se refiere en el apartado 4.4.1 este efecto ha sido verificado en diversos estudios sobre productividad científica (Kyvik, 1990; Long, 1992; Baser y Pema, 2004), lo que sugiere una correlación positiva entre el número de citas y la edad de los investigadores pero con una función curvilínea o cuadrática. Para el caso mexicano, el patrón de comportamiento del número de citas obtenidas resulta coherente con el obtenido en la literatura previa.

Al examinar los estimadores para las áreas del conocimiento se observa que para biología y química se alcanzó significancia estadística débil de signo positivo. Esto sugiere que los académicos pertenecientes a este campo científico reciben una mayor cantidad de citas en sus artículos comparados con los investigadores de física, matemáticas y ciencias de la tierra. Además, no existe una discrepancia importante en el número de citas que alcanzan en sus publicaciones los científicos de las áreas de medicina y ciencias de la salud, y del área de biotecnología y agricultura con respecto a aquellos dedicados a física, matemáticas y ciencias de la tierra. Lo anterior debido a que los estimadores correspondientes no presentan significancia estadística.

Para el área de ingeniería, el coeficiente estimado tiene alta significancia estadística con valor negativo. Se infiere a partir de este resultado que los investigadores de esta disciplina tienen una cantidad menor de citas de sus artículos en revistas indexadas al ser comparados con los científicos que se ubican en física, matemáticas y ciencias de la tierra.

Con respecto al tipo de actividad del investigador, se obtuvieron coeficientes altamente significativos de signo negativo para ciencia aplicada y desarrollo tecnológico. El resultado sugiere que los académicos que desarrollan este tipo de tareas obtienen en promedio un número inferior de citas sobre sus artículos que las que alcanzan los científicos que realizan actividades de ciencia básica.

El estimador para la variable indicadora de las actividades de VUE sugiere que, para la muestra mexicana analizada, los investigadores que se vinculan con el sector industrial tienen una cantidad de citas en sus artículos indexados que es ligeramente superior al compararse con los académicos que no interactúan con las empresas. No obstante es necesario observar que su significancia es débil.

Al examinar el efecto “*vintage*” se nota que el estimador en el modelo econométrico no alcanzó significancia estadística. Este hallazgo sugiere que no existe una diferencia significativa respecto del número de citas que obtienen los investigadores con más tiempo de trayectoria académica cuando se equiparan con los aquellos cuya trayectoria profesional es más corta.

Tabla 4.3 Determinantes del número de citas

Variables	Coef.		Err. Std.	z	P>z
género	0.2946 *		0.1562	1.89	0.059
edad	0.1163 *		0.0599	1.94	0.052
edad_cua	-0.0016 ***		0.0006	-2.71	0.007
bio_quím	0.3732 *		0.2055	1.82	0.069
med_cs	-0.0279		0.2832	-0.10	0.921
btec_agri	-0.3153		0.1927	-1.64	0.102
ingeniería	-0.6121 ***		0.1993	-3.07	0.002
vinculación	0.3006 *		0.1573	1.91	0.056
c_aplicada	-0.7003 ***		0.1537	-4.56	0.000
desarro_tec	-0.6426 ***		0.2142	-3.00	0.003
vintage2	0.1647		0.1592	1.03	0.301
país	-0.1740		0.1488	-1.17	0.242
_cons	1.4720		1.4318	1.03	0.304
Núm de obs = 287			Log likelihood = -1130.466012		
Deviance = 846.2885251			(1/df) Deviance = 3.088644		
Pearson = 721.2107503			(1/df) Pearson = 2.632156		
*z<0.10 **z<0.05 ***z<0.01					
Fuente: elaboración propia					

El coeficiente estimado para la variable país de obtención del doctorado no tiene significancia estadística. Este resultado implica que los científicos que obtienen el doctorado en el extranjero no difieren significativamente en el número promedio de citas que se hacen de sus artículos en revistas especializadas cuando se contrastan con aquellos académicos que se doctoraron en México.

4.4.3 Análisis del factor de impacto

Con el propósito de estudiar con más detalle la calidad de los artículos publicados, en este apartado se examina el factor de impacto de las revistas en donde publican los investigadores académicos.

El factor de impacto (o índice de impacto) es una medida de la importancia de una publicación científica. Cada año es calculado por el Instituto para la Información Científica (ISI por sus siglas en inglés) y por SCOPUS para todas las publicaciones a las que se le dan seguimiento. El factor de impacto se calcula con base en un periodo de dos años. La fórmula para obtenerlo es $\frac{\alpha}{\beta}$. Donde α es el número de veces que los artículos publicados en esta revista en el periodo de los dos años anteriores han sido citados por las publicaciones a las que se les da seguimiento a lo largo del año de interés. Y β es el número de artículos publicados en la revista en el periodo de dos años anteriores al año de interés.

La tabla 4.4 muestra los resultados de la estimación. Cómo se observa, sólo algunas variables explicativas mostraron un efecto significativo, tales como: la edad de investigador, el campo de ingeniería, las actividades de vinculación y el tipo de actividad de investigación. En contraste, género, algunos campos de la ciencia, el efecto “*vintage*”

y el país de obtención del doctorado no presentaron efecto significativo en el factor de impacto.

De acuerdo con la estimación econométrica, no se detectan diferencias notables en el factor de impacto entre varones y mujeres, dado que el género del investigador no presenta efecto significativo. En otros términos, esto implica que la calidad de las revistas donde publican hombres y mujeres es en promedio semejante (Turner y Mairesse, 2003; González-Brambila y Veloso, 2007; Lissoni *et al*, 2011).

Para la variable edad se obtuvo significancia estadística débil, mientras que para la edad al cuadrado se alcanzó significancia moderada. Este hallazgo implica que la edad de investigador tiene una relación cuadrática con el factor de impacto de las revistas. En otros términos existe una correlación positiva pero con rendimientos decrecientes entre estas dos variables. Esto significa que a partir del inicio de la trayectoria profesional del investigador, la trascendencia de sus artículos aumenta hasta un nivel máximo en donde comienza a descender de forma asintótica con el paso de la edad (Kyvik, 1990; Long, 1992; Baser y Pema, 2004).

En lo que se refiere a las diversas áreas de conocimiento, para biología y química, los campos de medicina y ciencias de la salud, y el de biotecnología y agricultura se observa que no se obtuvo significancia estadística. La interpretación de este resultado es que el factor de impacto de las revistas donde publican los científicos pertenecientes a estas áreas es en promedio semejante al que tienen los académicos de física, matemáticas y ciencias de la tierra.

La estimación econométrica muestra moderada significancia estadística para el coeficiente de ingeniería con valor negativo. Con este resultado se infiere que los

científicos que se desarrollan en esta disciplina alcanzan un factor de impacto en sus revistas de publicación que es menor al que obtienen los académicos de física, matemáticas y ciencias de la tierra.

Tabla 4.4. Determinantes del factor de impacto

Variables	Coef.		Err. Std.	z	P>z
género	0.1930		0.3254	0.59	0.553
edad	0.2325 *		0.1229	1.89	0.059
edad_cua	-0.0025 **		0.0012	-2.00	0.045
bio_quím	0.1246		0.4236	0.29	0.769
med_cs	-0.3620		0.5829	-0.62	0.535
btec_agri	-0.4447		0.4162	-1.07	0.285
ingeniería	-0.9473 **		0.4050	-2.34	0.019
vinculación	0.5885 **		0.3251	2.14	0.032
c_aplicada	-0.6856 ***		0.3271	-2.10	0.008
desarro_tec	-0.6621 ***		0.4403	-1.85	0.006
vintage2	-0.2642		0.3418	-0.77	0.440
país	0.2036		0.3145	0.65	0.517
_cons	-3.0880		2.8994	-1.07	0.287
Núm de obs = 287			Log likelihood = -819.3269403		
Deviance = 331.1351801			(1/df) Deviance = 1.208523		
Pearson = 1232.524073			(1/df) Pearson = 4.498263		
*z<0.10 **z<0.05 ***z<0.01					
Fuente: Elaboración propia					

De acuerdo con los coeficientes obtenidos, la VUE tiene significancia estadística moderada y de signo positivo. Esto advierte que el factor de impacto de las revistas donde publican los investigadores que desarrollan actividades de VUE es ligeramente superior comparada con aquellos científicos que no interactúan con las empresas. Resultados

similares han sido obtenidos en otros estudios (Breschi, Lissoni y Motobbio, 2007; Lowe y González-Brambila, 2007; Zucker y Darby, 2007; Rivera *et al.*, 2011).

La variable indicadora del tipo de actividad de investigación resultó con significancia estadística alta y negativa para ciencia aplicada y desarrollo tecnológico. Estos resultados indican que las publicaciones de los investigadores dedicados a la ciencia básica tienen un factor de impacto mayor cuando se equiparan con los académicos que laboran en actividades de ciencia aplicada o desarrollo tecnológico. Cómo se documenta en el caso de los artículos indexados, los productos de ciencia básica por su naturaleza resultan más proclives a difundirse a través de las publicaciones en revistas y otros medios electrónicos. En cambio, los resultados de la investigación aplicada tienen una menor propensión a ser publicados.

Ni el efecto “*vintage*” ni la variable relativa al país de obtención del doctorado tienen un coeficiente estadísticamente significativo. Este resultado advierte que no existe diferencia en la relevancia de las publicaciones, medida por el factor de impacto de las revistas donde publican los investigadores, cuando se comparan los académicos noveles con los investigadores ya consolidados, ni tampoco hay diferencias importantes en relación al país donde realizaron su doctorado.

4.5 Conclusiones y discusión

En este capítulo se exploraron los determinantes de la productividad científica medida en términos de artículos publicados, el número de citas y factor de impacto de las revistas donde publican. Se construyó una serie de modelos econométricos para estimar el efecto de las variables explicativas sobre las distintas variables resultado. Las variables independientes utilizadas en este capítulo están relacionadas con factores individuales de los investigadores académicos y con un indicador de VUE. La tabla 4.5 muestra de

manera resumida el impacto de las variables explicativas incluidas en el análisis sobre cada uno de los productos de investigación analizados en este capítulo.

Con respecto al género los resultados sugieren que no existen diferencias significativas en la productividad científica ponderada por el número de artículos científicos y el factor de impacto de las revistas indexadas donde publican los investigadores. El resultado sugiere que los investigadores varones no difieren estadísticamente en la cantidad de artículos publicados ni tampoco en el factor de impacto de las revistas donde publican si se comparan con las mujeres. Los hallazgos resultan congruentes con los obtenidos por Xie y Shauman (1998) y González-Brambila y Veloso (2007), quienes no encontraron diferencias notables en la calidad de los artículos entre investigadores varones y mujeres. Empero, algunos autores sí han encontrado diferencias significativas en la productividad científica por género (Long, 1992; Diamond, 1986).

En contraste, sí se detecta una discrepancia significativa en la cantidad de citas de los artículos publicados. Esto indica que la calidad de las publicaciones, ponderada por la cantidad de citas sí favorece a los hombres en contraste con las mujeres. Pero aunque esta brecha productiva ha sido reportada en varios estudios, no resulta claro cuáles son los mecanismos intrínsecos que la provocan. Para explicar este fenómeno se han levantado diversas hipótesis que se documentan a continuación.

Cole y Cole (1973) afirman que las diferencias en productividad científica entre hombres y mujeres pueden ser explicadas por discrepancias en la motivación para cada género. Argumentan que debido a la socialización y el sistema de valores en sociedades grandes, es posible que, en el pasado, las mujeres no hayan estado suficientemente comprometidas con sus carreras y por lo tanto tampoco interesadas en alcanzar el éxito. Leahey (2006) por el contrario sostiene que el factor definitivo es la extensión de la especialización de los académicos. Sus hallazgos indican que mientras los hombres se focalizan en un

aspecto específico del conocimiento, las mujeres tienen un espectro de investigación más amplio que restringe sus posibilidades de publicación. En tanto que los resultados de Xie y Shauman (1998) sugieren que las diferencias en productividad por género han declinado en los últimos años. Además afirman que la causa de esa discrepancia en productividad científica puede ser atribuida a diferencias de género directamente relacionadas con características personales y status marital y no al factor género *per se*. La explicación para el caso mexicano requeriría una exploración específica con datos que no estaban disponibles en el cuestionario.

Como se mencionó anteriormente, la edad es una de las variables más utilizada en los estudios sobre productividad científica. En los tres modelos estimados se obtuvo un coeficiente significativo con valor positivo, lo que indica una asociación positiva entre la edad y la productividad científica. La estimación econométrica muestra que la edad al cuadrado tiene impacto significativo pero con signo negativo lo que comprueba una relación cuadrática para artículos publicados, para el número de citas y para el factor de impacto de las revistas. En otros términos esto quiere decir que el nivel de productividad se asocia con el incremento del número de años del investigador hasta un punto máximo a partir del cual la productividad desciende asintóticamente. Este hallazgo sugiere una función de rendimientos decrecientes entre la edad y la productividad científica. Diversos estudios empíricos previos han corroborado esta relación. (Levin y Stephan, 1989; Baser y Pema, 2004; Hall, Mairesse y Turner, 2007; Jones, 2010; Lissoni *et al.*, 2011)

Los resultados de la estimación econométrica sugieren una considerable heterogeneidad en el nivel productivo por campo científico. Para el caso de artículos publicados, se tiene que las áreas de medicina y ciencias de la salud y de ingeniería no varían significativamente en el promedio de publicaciones cuando se comparan con física, matemáticas y ciencias de la tierra. Por el contrario, biología y química, biotecnología y agricultura publican un número menor de artículos. Para el caso del número de citas, los coeficientes estimados muestran un patrón distinto al de publicaciones. Los resultados

sugieren que medicina y ciencias de la salud, y biotecnología y agricultura reciben aproximadamente el mismo número de citas que física, matemáticas y ciencias de la tierra. Mientras que para el caso de biología y química se estima que obtienen un número ligeramente mayor de citas. En contraste, para ingeniería la evidencia muestra que estos académicos alcanzan una menor cantidad de citas en revistas indexadas *vis-a-vis* con el área de física, matemáticas y ciencias de la tierra.

Los resultados sobre el factor de impacto indican que no existe diferencia significativa entre física, matemáticas y ciencias de la tierra y casi todas las áreas de conocimiento. La única área que mostró efecto significativo de tipo negativo fue ingeniería. Este hallazgo indica que las publicaciones de esta última área tienen en promedio una relevancia académica menor si se contrastan con el obtenido por las publicaciones pertenecientes a física matemáticas y ciencias de la tierra.

La heterogeneidad en la productividad científica por área de conocimiento ya ha sido observada en estudios previos. González-Brambila y Veloso (2007) consideran que estas diferencias se deben a la naturaleza intrínseca de los campos de la ciencia. Bajo esta hipótesis afirman que, por ejemplo el conocimiento en ciencias exactas, biología, química y ciencias de la salud puede ser más universal y por lo mismo más susceptible de ser publicables para la muestra de investigadores mexicanos que analizaron. En cambio, para Kyvik (1990), la discrepancia productiva se explicaría por las diferencias en la dinámica de desarrollo de los diversos campos de la ciencia. Sostiene Kyvik que en campos donde la generación de conocimiento es rápido y donde continuamente se introducen nuevos métodos de investigación, los académicos pueden tener problemas al enfrentar estos cambios y quedar marginados. En contraste, en campos donde la producción de conocimiento se da con un paso más lento (ciencias sociales y humanidades, por ejemplo), los investigadores pueden mantener niveles más altos de productividad a lo largo de su trayectoria académica. En resumen se puede afirmar que los resultados de esta tesis presentan evidencia empírica que apoya tanto la hipótesis de Kyvik (1990) como la

de González-Brambila y Veloso (2007) sobre la diversidad en los niveles de productividad por campos de la ciencia.

Las actividades de vinculación tienen un efecto positivo en el número de publicaciones de acuerdo con los resultados del modelo econométrico. Este hallazgo sugiere que las actividades de VUE no perjudican a la productividad de artículos en revistas indexadas, según los coeficientes estimados se tiene que la VUE tiene un efecto benéfico aunque débil sobre la calidad de las publicaciones, ponderada por el número de citas y el factor de impacto. Estos resultados sugieren que los investigadores que desarrollan actividades de VUE tienen en promedio una cantidad y calidad mayor en su producción científica que aquellos académicos que no interactúan con las empresas

Resultados semejantes se han encontrado en estudios empíricos previos. Por ejemplo, Landry, Taore y Godin (1996) hallaron que las actividades de colaboración con la industria, incrementan el número de artículos publicados por los investigadores. Más aún su evidencia sugiere que el efecto benéfico de la VUE es más fuerte que la colaboración con otros investigadores. En un estudio más reciente Rivera *et al* (2011) para una muestra de investigadores de ciencias agrícolas usando tres indicadores de productividad encontraron resultados similares. Sus hallazgos mostraron un efecto positivo con publicaciones, recomendaciones y nuevas técnicas.

Aunque no existe consenso sobre el mecanismo que subyace a esta correlación positiva, se han levantado algunas hipótesis sobre el tema. Para algunos autores la explicación puede ser que la VUE permite a los académicos conseguir más recursos para la investigación, da acceso a instalaciones y laboratorios especializados o a equipos de trabajo más numerosos y diversificados (Zucker y Darby, 2007; Lowe y González-Brambila, 2007). Otra posible explicación tiene que ver con la incubación de nuevas

ideas para futuros proyectos, reportado como uno de los beneficios de la VUE por investigadores académicos mexicanos (Dutrénit, De Fuentes y Torres, 2010).

El modelo econométrico permitió verificar empíricamente que el tipo de actividad de investigación determina discrepancias importantes en el número de publicaciones indexadas. De acuerdo con los hallazgos que se obtienen en la estimación, los científicos de ciencia básica producen un mayor número de artículos que los dedicados a la ciencia aplicada o al desarrollo tecnológico. Un resultado similar se obtuvo con el número de citas en revistas indexadas y el factor de impacto, es decir que por la naturaleza del tipo de proyectos que desarrollan, los académicos que se enfocan en ciencia básica tienen una cantidad mayor de citas comparados con sus colegas de ciencia aplicada o desarrollo tecnológico. Estos hallazgos son consistentes con los que obtuvo Perkmann y Walsh (2009) para una muestra de investigadores de ingeniería y áreas relacionadas con este campo de la ciencia. Su evidencia mostró que los proyectos dentro de ciencia básica tiene una mayor probabilidad de obtener resultados publicables que aquellos circunscritos a la búsqueda de resultados aplicables

Los hallazgos de esta tesis se oponen al argumento del *trade-off* entre VUE y productividad científica. Sin embargo, este resultado se debe tomar con precaución ya que, como se documentó en el apartado 2.4.2, el debate relativo al impacto de las actividades de VUE sobre la productividad científica sigue abierto debido a que algunos estudiosos de la innovación han presentado evidencia que contradice su efecto benéfico.

Considerando al efecto “*vintage*” los resultados de la estimación econométrica no refuerzan la hipótesis que establece que: “los últimos educados son los mejores educados”. Para la muestra analizada los científicos instruidos con anterioridad producen más artículos que los investigadores educados más recientemente. Sin embargo, la cantidad de citas y el factor de impacto parecen no ser afectados por este predictor. Estos

hallazgos sugieren que la calidad de los artículos publicados, no se altera cuando se comparan graduados recientes con investigadores con una trayectoria ya consolidada.

Una explicación factible para este hallazgo es que se presenta un efecto “Mateo” o efecto “acumulación” (Merton, 1968), donde los investigadores académicos con una reputación sobresaliente tendrían una probabilidad mayor de conseguir recursos para llevar a cabo proyectos de investigación que aquellos que no han logrado ese nivel de prestigio. Siguiendo este razonamiento, una mayor cantidad de proyectos obtenidos llevaría a un nivel más alto de los artículos publicados. Por otro lado, se tiene que una parte importante del ingreso de los académicos proviene precisamente de los incentivos otorgados por el gobierno federal en función de la productividad individual, lo que incentiva a los científicos a mantener un nivel de publicaciones alto. Para el caso mexicano otra posible explicación tendría que ver con el envejecimiento de los académicos por lo que hay pocos investigadores jóvenes tanto en las universidades como en los CPI.

Con respecto a la ausencia de impacto significativo del efecto “*vintage*” sobre la cantidad de citas recibidas y el factor de impacto de las revistas, una posible hipótesis sería que la muestra analizada incluye solamente académicos que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores. Se reconoce que los investigadores académicos adscritos a este organismo federal representan la élite más productiva a nivel nacional por lo que el análisis no permitiría una discriminación clara en la calidad de sus artículos científicos.

Los resultados de la estimación econométrica muestran que los investigadores que obtuvieron su doctorado ya sea en el extranjero o en México publican en promedio el mismo número de artículos. Asimismo, la calidad de las publicaciones, evaluada por número de citas y factor de impacto de las revistas, tampoco resulta afectada por la nacionalidad del grado. En un análisis sobre académicos mexicanos de alta productividad, González-Brambila y Veloso (2007) tampoco encontraron una diferencia

significativa entre los dos grupos de académicos. Empero, los hallazgos de otros estudios sí han mostrado discrepancias notables en el número y calidad de los artículos que favorece a las universidades de más prestigio a nivel internacional (Buchmueller, Dominitz y Lee Hansen, 1999; Turner y Mairesse, 2003).

Tabla 4.5 Impacto de los determinantes de la productividad científica

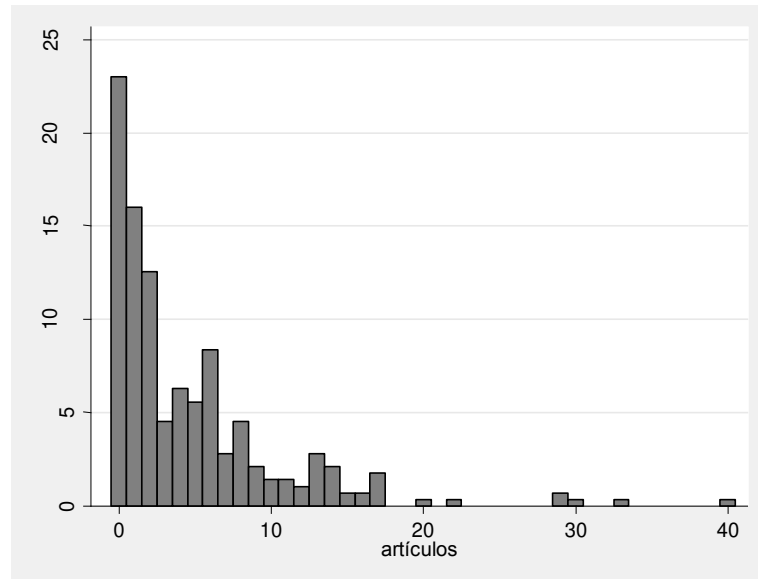
Variables	Artículos	Citas	Factor Impacto
género		+	
edad	+	+	+
edad_cua	-	-	-
bio_quím	-	+	
med_cs			
btec_agri	-		
ingeniería		-	-
vinculación	+	+	+
c_aplicada	-	-	-
desarro_tec	-	-	-
vintage2	+		
país doctorado			

+ impacto positivo, - efecto negativo

Fuente: Elaboración propia

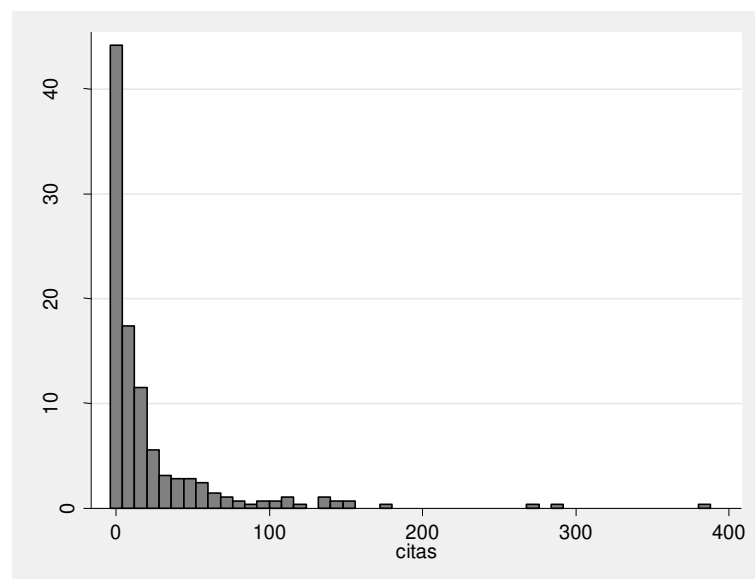
Anexo 1. Estadísticas de las variables empleadas en los modelos

Gráfico 4.1 Histograma del número de artículos publicados



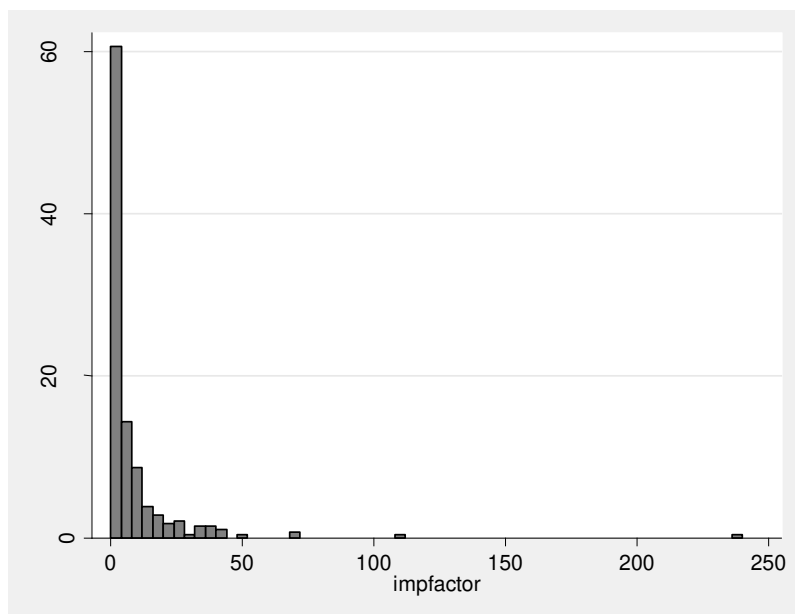
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.2 Histograma del número de citas



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3 Histograma de factor de impacto



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.6 Estadística descriptiva para VUE y productividad científica

Variable	Obs	Media	Desv. Std.	Mín.	Máx.
<i>Resultado</i>					
Artículos	287	4.6167	5.8709	0	40
Citas	287	21.9477	44.2107	0	385
Factor de impacto	287	7.5768	18.3840	0	238.09
Tesis doctorado	287	1.8606	2.7889	0	19
Capítulos	287	1.3624	3.0568	0	32
<i>Explicativas</i>					
Género	287	0.7735	0.4193	0	1
Edad	287	47.1045	8.7532	30	78
Edad al cuadrado	287	2295.1880	863.4732	900	6084
Física/Matemáticas	287	0.1847	0.3887	0	1
Biología/Quím.	287	0.2091	0.4073	0	1
Medicina/C. de la Salud	287	0.0732	0.2609	0	1
Biotecnología/Agri.	287	0.2927	0.4558	0	1
Ingeniería	287	0.2404	0.4281	0	1
Vinculación	287	0.5889	0.4929	0	1
Ciencia básica	287	0.2857	0.4525	0	1
Ciencia aplicada	287	0.5645	0.4967	0	1
Desarrollo tecnológico	287	0.1498	0.3575	0	1
Contratos de investigación	287	0.6010	0.3761	0	1
Consultoría	287	0.5479	0.3610	0	1
Proyectos conjuntos	287	0.6533	0.3769	0	1
Capacitación	287	0.5549	0.3726	0	1
<i>De control</i>					
Efecto "vintage"	287	10.0906	7.8996	0	49
País del doctorado	287	0.5889	0.4929	0	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.7 Diagnóstico de colinealidad entre variables explicativas

Variable	VIF	SQRT VIF	Tolerance	R-Squared
género	1.16	1.08	0.8588	0.1412
edad	80.34	8.96	0.0124	0.9876
edad_cua	77.23	8.79	0.0129	0.9871
bio_quím	1.82	1.35	0.5484	0.4516
med_cs	1.42	1.19	0.7036	0.2964
btech_agri	2.42	1.56	0.413	0.587
ingeniería	1.95	1.4	0.5129	0.4871
vinculación	1.55	1.24	0.6469	0.3531
vintage 2	1.76	1.33	0.5674	0.4326
país	1.24	1.11	0.8097	0.1903
institución	1.1	1.05	0.9053	0.0947
aplicada	1.7	1.3	0.5888	0.4112
desarrollo tec.	1.67	1.29	0.5992	0.4008
contratos invest.	1.86	1.36	0.5387	0.4613
consultoría	1.82	1.35	0.5482	0.4518
proy. Conjuntos	1.77	1.33	0.5646	0.4354
capacitación	2.23	1.49	0.4489	0.5511

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.8 Correlación entre variables explicativas

	género	edad	edad_cua	físic_mat	bio_quím	med_cs	btech_agri	ingeniería	vincula	vintage2	país
género	1.00										
edad	0.15	1.00									
edad_cua	0.15	0.99	1.00								
físic_mat	0.09	-0.02	-0.02	1.00							
bio_quím	-0.21	-0.03	-0.02	-0.24	1.00						
med_cs	-0.14	0.02	0.03	-0.13	-0.14	1.00					
btech_agri	0.04	0.11	0.09	-0.31	-0.33	-0.18	1.00				
ingeniería	0.17	-0.08	-0.08	-0.27	-0.29	-0.16	-0.36	1.00			
vincula	0.16	0.11	0.10	-0.17	-0.32	-0.15	0.40	0.12	1.00		
vintage2	0.14	0.58	0.56	0.04	0.00	0.00	-0.01	-0.02	0.09	1.00	
país	-0.08	-0.24	-0.24	0.00	0.06	0.10	-0.13	0.02	-0.22	-0.35	1.00
basica	-0.08	-0.06	-0.04	0.08	0.32	0.12	-0.25	-0.18	-0.40	-0.01	0.17
apli	0.06	0.12	0.09	-0.07	-0.24	-0.05	0.35	-0.05	0.24	0.02	-0.09
desarrollo	0.02	-0.08	-0.07	0.00	-0.07	-0.08	-0.16	0.29	0.17	-0.02	-0.09

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.9 Correlación entre variables resultado

	artículos	citas	factor_imp	tesis	capítulos
artículos	1.00				
citas	0.57	1.00			
factor_imp	0.45	0.54	1.00		
tesis	0.01	0.02	0.04	1.00	
capítulos	0.03	-0.04	-0.02	0.05	1.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.10 Estadísticas de las variables resultado por género

	Media	Desv. Std	[95% Intervalo Conf]	
artículos				
Mujeres	4.646154	0.7345952	3.200255	6.092053
Varones	4.608108	0.3939151	3.832768	5.383448
citas				
Mujeres	19.49231	3.679865	12.24925	26.73536
Varones	22.66667	3.199294	16.36952	28.96382
factor de impacto				
Mujeres	6.898138	1.111866	4.709659	9.086618
Varones	7.775568	1.365482	5.087899	10.46324

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 5: Modalidades de vinculación universidad-empresa y la productividad científica

5.1 Introducción

La exploración de la literatura sobre la productividad científica de la sección 2.4 muestra que ésta se ha centrado principalmente en características personales y factores institucionales de los investigadores académicos. Sin embargo, recientemente los estudios sobre la productividad científica han comenzado a incorporar variables relacionadas con las actividades de colaboración tanto con otros académicos como con el sector industrial.

Los estudios precedentes sobre la relación VUE y productividad científica han utilizado diversas perspectivas. Por ejemplo, han incorporado como variable explicativa el porcentaje del trabajo de investigación realizado en colaboración con investigadores académicos o con las empresas (Landry, Traore y Godin, 1996); y la intensidad de las actividades de vinculación (Rivera *et al.*, 2011). Otros estudios se han centrado en analizar proyectos específicos de colaboración entre los investigadores y las empresas (Perkmann y Walsh, 2009).

Aunque los trabajos mencionados en el párrafo anterior han contribuido a una mejor comprensión de la interacción entre la VUE y la productividad científica, la agenda pendiente de investigación sobre este tema es aún extensa. Esta tesis tiene el propósito de abonar en esta discusión mediante la desagregación de la variable VUE en una serie de modalidades denominadas tradicionales que han mostrado ser más importantes y más

frecuentes que la DPI en diversos estudios (Faulkner y Senker, 1994; Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998; Cohen, Nelson y Walsh, 2002; D'Este y Patel, 2007). Estas modalidades son relevantes en el caso de los PD, donde la interface entre la ciencia y la innovación tecnológica es aún endeble.

La revisión del cuerpo de literatura previa sobre la relación entre VUE y productividad científica permite afirmar que éste es uno de los primeros análisis que se realizan en un PD incorporando la VUE como variable explicativa de la productividad científica. Además, dos particularidades diferencian el análisis aplicado en esta tesis de los estudios precedentes. En primer lugar, se desagrega la VUE para centrar el interés en cuatro modalidades particulares de interacción: contratos de investigación, consultoría, proyectos conjuntos de investigación y entrenamiento. Segundo, se examina una muestra que incluye 5 campos del conocimiento: *i*) física, matemáticas y ciencias de la tierra, *ii*) biología y química, *iii*) medicinas y ciencias de la salud, *iv*) biotecnología y agricultura, e *v*) ingeniería.

Esta investigación utiliza como soporte teórico la aproximación del CHCT (Bozeman, Dietz y Gaughan, 2001). Tomando como base esta aproximación, la hipótesis de investigación que sostiene es que las modalidades de VUE incrementan la productividad científica a través del aumento de capital humano y social de los investigadores académicos. Bajo este supuesto, es de esperarse que las diversas modalidades de VUE tengan un impacto heterogéneo sobre el acervo de capital social y humano del investigador académico, configurando distintos niveles de productividad.

La relevancia de este tema de investigación surge de la necesidad de mejorar el entendimiento de la interacción VUE y la productividad científica, dado que en estas dos actividades están involucrados los investigadores académicos. Bajo esta perspectiva el dilema de un *trade-off* entre la generación de conocimiento (productividad científica) y la

difusión de ese entendimiento científico (VUE) es un riesgo factible. Si el aumento de las tareas de VUE con el sector industrial resulta perjudicial para la generación de conocimiento científico, entonces las políticas dirigidas a promoverlas podrían estar afectando los beneficios sociales de largo plazo del avance científico por la utilidad de corto plazo que favorece al sector industrial. (Florida, 1999; Pavitt, 2001; Dosi, Marengo y Pascuali, 2006). Por el contrario si ambas actividades presentan sinergias positivas y se complementan, las políticas de ciencia, tecnología e innovación podrían generar un “círculo virtuoso” que apoye los esfuerzos innovadores de las empresas y al mismo tiempo vigorice la capacidad productividad de los investigadores académicos.

El capítulo consta de cuatro apartados. En el apartado segundo se describen las variables y el modelo econométrico. Los resultados del análisis empírico están contenidos en la sección tercera. En la sección cuarta se presenta la discusión de los hallazgos y las conclusiones.

5.2 Variables y modelo econométrico

Variables resultado

El análisis empírico en este capítulo utiliza como variables dependientes a los indicadores de productividad científica examinados en el capítulo 4: número de artículos publicados en revistas indexadas, cantidad de citas y factor de impacto de las revistas donde publican los académicos.

Variables explicativas y de control

Para la estimación de los modelos econométricos, se mantiene el conjunto de variables explicativas utilizadas en el capítulo anterior y además se incorporan cuatro modalidades tradicionales de vinculación: contratos de investigación, consultoría, proyectos de investigación conjunta y entrenamiento. Asimismo se mantiene el mismo conjunto de variables de control, es decir el efecto “*vintage*” y el país de obtención del doctorado. La especificación del modelo a estimar es la siguiente:

$$\begin{aligned} NUM_VAR_i = & \beta_0 + \beta_1 GEN_i + \beta_2 EDAD_i + \beta_3 EDAD_CUA_i + \beta_4 BIO_QUÍM_i + \beta_5 MED_CS_i + \beta_6 BTECH_AGRI_i \\ & + \beta_7 INGE_i + \beta_8 VINCULA_i + \beta_9 APLICADA_i + \beta_{10} DESARROLLO_i + \beta_{11} VINTA_2_i + \beta_{12} PAÍS_i + \beta_{13} CONTRA_i \\ & + \beta_{14} CONSULTO_i + \beta_{15} PROYECT_i + \beta_{16} ENTRENA_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

Donde NUM_VAR es la variable resultado que se introduce iterativamente en las regresiones y los términos a la derecha del signo igual representan el vector de variables independientes.

5.3 Resultados empíricos

Esta tesis argumenta que la productividad científica de los investigadores académicos está asociada con las distintas modalidades de vinculación en función de su impacto sobre el capital humano y social del científico individual. En esta sección se explora esta hipótesis mediante la construcción de una serie de modelos econométricos para estimar el efecto de las modalidades de VUE y otras variables explicativas sobre los tres indicadores de productividad científica analizados en el capítulo anterior.

5.3.1 Modalidades de VUE y publicación de artículos científicos

La tabla 5.1 presenta los resultados de la estimación econométrica relativa al número de artículos en revistas indexadas. Como se observa casi todas las variables que presentaron significancia estadística en el modelo sobre los determinantes de la productividad (capítulo 4), nuevamente tienen efecto significativo cuando se incluyen las modalidades de VUE con excepción del campo del a biotecnología y agricultura. Con respecto a las modalidades de VUE los hallazgos son mixtos. Mientras que dos de ellas, consultoría y proyectos conjuntos de investigación, presentan un efecto significativo otras dos, contratos de investigación y entrenamiento no mostraron influencia notable. A continuación se describen cada uno de los resultados.

Para la variable género no se tiene significancia estadística en el coeficiente estimado. El resultado sugiere que el promedio de artículos publicados por varones es aproximadamente igual al que alcanzan las mujeres cuando incluyen en el análisis las modalidades tradicionales de VUE. Como se refiere en el capítulo 4, estudios previos encontraron diferencias importantes pero análisis recientes muestran que la brecha entre ellos se ha reducido y que la discrepancia se puede deber a elementos ajenos al género por sí mismo.

Considerando la variable edad, los resultados son similares a los obtenidos en la estimación de los determinantes de la productividad científica, es decir que se mantiene el signo positivo de la edad y el negativo de su cuadrado, con significancia moderada para ambos estimadores aún con la incorporación de las modalidades de VUE. Este hallazgo indica que el impacto de la edad sobre la producción de artículos científicos se correlaciona positivamente con la edad hasta alcanzar un punto máximo donde la relación se torna negativa y desciende de forma asintótica. En otros términos, existe una función con rendimientos decrecientes entre la edad y el número de publicaciones.

Con respecto a los campos del conocimiento, sólo biología y química alcanzó significancia estadística débil, en este caso de valor negativo. La interpretación de este resultado es que los académicos pertenecientes a esta área producen una cantidad menor de artículos que aquellos investigadores ubicados en física, matemáticas y ciencias de la tierra cuanto se examina también el efecto de las modalidades de VUE.

Los estimadores correspondientes a los campos de medicina y ciencias de la salud, de biotecnología y agricultura, y de ingeniería no muestran significancia estadística. Este hallazgo sugiere que los científicos de estas disciplinas elaboran un número semejantes de artículos en revistas indexadas si se comparan con los académicos de física, matemáticas y ciencias de la tierra.

Al examinar los estimadores obtenidos para el tipo de actividad de investigación del académico, se advierte que estas variables mantienen su tendencia al incorporar las modalidades de VUE en la estimación econométrica. Los coeficientes de investigación aplicada y desarrollo tecnológico resultaron con alta significancia estadística y con valor negativo. Este resultado sugiere que la cantidad de artículos publicados por los investigadores focalizados en la ciencia aplicada o desarrollo tecnológico es menor en promedio si se comparan con el número de artículos de aquellos dedicados a la ciencia básica. Con este hallazgo se puede deducir que los productos que se obtienen por el diverso tipo de actividad de investigación tienen una posibilidad distinta para publicación. Siguiendo este argumento no se pudo afirmar que los investigadores de ciencia básica sean más productivos en comparación con los dedicados a ciencia aplicada y desarrollo tecnológico sino únicamente que los resultados de investigación de estos últimos son menos apropiados para publicarse en revistas indexadas.

Para el efecto “*vintage*” el coeficiente obtenido pierde significancia en relación al análisis de los determinantes de la productividad del capítulo 4. Este hallazgo implica que incorporando las modalidades de VUE, los investigadores ya consolidados publican en promedio una cantidad similar de artículos que los egresados recientemente.

La estimación econométrica no detecta significancia estadística para la variable país de obtención del doctorado. Este resultado indica que con actividades de VUE o sin ellas, no existe una discrepancia notable en el promedio de artículos publicados entre los investigadores egresados de un doctorado extranjero y los que obtuvieron en grado en México.

Los coeficientes de las modalidades de VUE por medio de contratos de investigación y de entrenamiento no obtuvieron significancia estadística. El resultado implica que los académicos que se vinculan con las empresas por este tipo de actividades tendrían una cantidad semejante de artículos publicados si se comparan con los científicos que no interactúan en lo absoluto con el sector industrial. Hallazgos similares sobre los contratos de investigación fueron encontrados por Perkman y Walsh (2007) para una muestra de investigadores pertenecientes a ingeniería y ciencias relacionadas con ingeniería.

En contraste, las modalidades de VUE a través de proyectos conjuntos de investigación y de consultoría resultaron significativas. La modalidad de proyectos conjuntos de investigación obtuvo un coeficiente moderadamente significativo de valor positivo. Este hallazgo implica que la productividad científica de los académicos que desarrollan investigación conjunta con las empresas es mayor en términos del número de publicaciones sí se contrastan con aquellos investigadores que no desempeñan actividades de VUE. La modalidad de VUE por consultoría tiene un coeficiente significativo moderado y de valor negativo. Este resultado sugiere que este tipo de actividades de VUE tienen una correlación negativa con la cantidad de artículos

publicados de calidad indexada. En este contexto, los académicos que ofrecen consultorías a las empresas tendrían en promedio una cantidad menor de artículos publicados si se comparan con los científicos que no interactúan con las empresas.

Tabla 5.1 VUE y publicación de artículos

Variables	Coef.		Err. Std.	z	P>z
género	-0.0891		0.1737	-0.51	0.608
edad	0.1613	**	0.0712	2.27	0.023
edad_cua	-0.0018	**	0.0007	-2.48	0.013
bio_quím	-0.4123	*	0.2202	-1.87	0.061
med_cs	-0.1288		0.3051	-0.42	0.673
btec_agri	-0.2317		0.2091	-1.11	0.268
ingeniería	0.0062		0.2129	0.03	0.977
c_aplicada	-0.2728	***	0.1756	1.55	0.120
desarro_tec	-0.4724	***	0.1656	-2.85	0.004
vintage2	-0.7346		0.2369	-3.10	0.002
país	-0.1231		0.1545	-0.80	0.426
contratos	0.1973		0.2360	0.84	0.403
consultoría	-0.5175	**	0.2455	-2.11	0.035
proyectos	0.4853	**	0.2337	2.08	0.038
entrenamiento	-0.2328		0.2657	-0.88	0.381
_cons	-1.5557		1.7217	-0.90	0.366
Núm de obs = 287			Log likelihood = -732.2858443		
Deviance = 350.7344268			(1/df) Deviance = 1.294223		
Pearson = 264.7974529			(1/df) Pearson = .9771124		
*z<0.10 **z<0.05 ***z<0.01					
Fuente: Elaboración propia					

Una posible explicación del efecto positivo de los proyectos de investigación conjunta es que pueden aportar ideas para nuevos proyectos y permitir la publicación de resultados durante el desarrollo de la investigación. Con respecto a las consultorías, al parecer los temas que se manejan son sobre temas muy técnicos y puntuales que no permiten al investigador convertir los resultados en publicaciones en revistas especializadas.

5.3.2 Modalidades de VUE y número de citas

El análisis sobre VUE y productividad científica también incluye el efecto de las actividades de vinculación sobre el número de citas que reciben las publicaciones en revistas indexadas, como una aproximación a la calidad de las publicaciones realizadas por los investigadores. Los hallazgos sugieren que al incorporar las modalidades de VUE, existen algunos cambios con respecto a los resultados encontrados en el modelo que no incluye esas modalidades (capítulo 4). Básicamente el cambio que se verifica es la significancia de la variable obtención del doctorado, pues el modelo sin modalidades de VUE no se detectó efecto significativo. Sin embargo, la actividad de VUE mediante la realización de proyectos conjunto mantiene su efecto positivo sobre la productividad científica ponderada por el número de citas. La tabla 5.2 muestra los estimadores obtenidos. A continuación se describen los resultados de la estimación econométrica.

Los estimadores correspondientes a edad, edad al cuadrado, campos de medicina y ciencias de la salud, biotecnología y agricultura, ciencia aplicada, desarrollo tecnológico y efecto “*vintage*” mantienen el mismo efecto que presentaron para el caso del número de artículos publicados. A continuación se revisan los resultados que sí mostraron un comportamiento distinto en los modelos relativos al número de citas.

El estimador correspondiente a la variable género resultó estadísticamente significativo moderado y con signo positivo lo que implica que los investigadores varones tienen en promedio un número moderadamente mayor de citas en comparación con las mujeres cuando se incluyen como factores explicativos las modalidades de VUE.

Tabla 5.2 VUE y número de citas

Variables	Coef.		Err. Std.	z	P>z
género	0.3509	**	0.1583	2.22	0.027
edad	0.1230	**	0.0608	2.02	0.043
edad_cua	-0.0017	***	0.0006	-2.72	0.007
bio_quím	0.3027		0.2021	1.50	0.134
med_cs	0.1644		0.2801	0.59	0.557
btec_agri	-0.0947		0.1962	-0.48	0.629
ingeniería	-0.5184	***	0.1998	-2.60	0.009
c_aplicada	-0.1364	***	0.1582	0.86	0.389
desarro_tec	-0.7093	**	0.1576	-4.50	0.000
vintage2	-0.5565		0.2216	-2.51	0.012
país	-0.2518	*	0.1436	-1.75	0.080
contratos	0.1673		0.2373	0.70	0.481
consultoría	-0.2686		0.2359	-1.14	0.255
proyectos	0.5029	**	0.2254	2.23	0.026
entrenamiento	-0.3024		0.2534	-1.19	0.233
_cons	1.1951		1.4672	0.81	0.415
Núm de obs = 287			Log likelihood = -1128.691089		
Deviance = 842.738678			(1/df) Deviance = 3.109737		
Pearson = 700.59192			(1/df) Pearson = 2.58521		
*z<0.10 **z<0.05 ***z<0.01					
Fuente: elaboración propia					

Al revisar los campos de la ciencia se observa que para biología y química no se alcanzó significancia estadística. La interpretación de este resultado es que los investigadores pertenecientes a estas áreas tienen en promedio una cantidad similar de citas si se contrastan con los académicos ubicados en física, matemáticas y ciencias de la tierra, cuando se incluyen las modalidades tradicionales de VUE.

Considerando el área de ingeniería se observa un coeficiente con alta significancia estadística de valor negativo. Con este hallazgo se infiere que los científicos de esta área logran una cantidad menor de citas en sus publicaciones que la que alcanzan los académicos ubicados en física, matemáticas y ciencias de la tierra.

A diferencia de los modelos previos de esta tesis, cuando se incorporan las modalidades de VUE en el análisis, el coeficiente estimado para el país de obtención del doctorado resultó de signo negativo y con significancia estadística débil. Este resultado sugiere que el promedio de citas que reciben los académicos doctorados en el extranjero es ligeramente superior al que alcanzan los académicos que se doctoraron en México por lo menos para la muestra analizada

Sólo la modalidad de VUE mediante proyectos de investigación conjunta tiene un coeficiente estadísticamente significativo, los estimadores de las otras modalidades no resultan significativos. El estimador de vinculación a través de proyectos de investigación conjunta tiene un coeficiente significativo moderado y con valor positivo. El hallazgo sugiere que los investigadores que interactúan con las empresas mediante esta modalidad de vinculación obtienen en promedio una cuantía mayor de citas *vis-a-vis* con los académicos que no se vinculan con las empresas. Con respecto a las otras tres modalidades de VUE la estimación econométrica no detecta una diferencia importante en

la cantidad de citas entre los académicos que se vinculan mediante estas modalidades y los que no se vinculan en lo absoluto con el sector industrial.

5.3.3 Modalidades de VUE y factor de impacto en revistas

En esta sección se documentan los hallazgos del modelo econométrico relativo al factor de impacto de las revistas donde publican los investigadores académicos y que incluyen las modalidades de VUE. Como se observa en la tabla 5.3 sólo algunas de las variables explicativas presentan impacto estadísticamente significativo, sin embargo es necesario señalar que no se dieron cambios entre las variables significativas cuando se introducen las modalidades de VUE y cuando se toman la actividad de VUE en general. Los resultados particulares de la estimación econométrica se discuten a continuación.

Al comparar los resultados obtenidos con el número de publicaciones indexadas y el correspondiente al factor de impacto, las siguientes variables explicativas mantienen su comportamiento: género, edad, edad al cuadrado, los campos de medicina y ciencias de la salud, biotecnología y agricultura, ciencia aplicada, desarrollo tecnológico, efecto “*vintage*” y país de obtención del doctorado. Bajo esta consideración, a continuación se documentan los resultados donde se modifican los estimadores de las variables independientes.

Considerando los campos de la ciencia, se observa que para biología y química el coeficiente estimado no tiene significancia estadística. Este resultado indica que los investigadores de estas disciplinas tienen un factor de impacto en las revistas de publicación que es semejante al de los científicos pertenecientes a física, matemáticas y ciencias de la tierra.

En el caso de ingeniería el coeficiente obtenido resultó débilmente significativo y de signo negativo. De este hallazgo se deduce que la relevancia de las revistas donde publican los investigadores de esta disciplina, medida a través del factor de impacto de las revistas, es ligeramente menor comparado con los académicos del campo física, matemáticas y ciencias de la tierra.

Con respecto a las modalidades de VUE, al igual que en el caso de la cantidad de citas, la única modalidad que muestra significancia estadística es proyectos conjuntos de investigación que observa un coeficiente con débil significancia estadística y con signo positivo. Este resultado indica que los investigadores académicos que desarrollan esta modalidad de VUE tienen en promedio un factor de impacto en publicaciones mayor al que logran los científicos que no interactúan con las empresas. Una hipótesis posible para este hallazgo es que la interacción en los contratos conjuntos de investigación puede dar como resultado nuevas ideas para proyectos futuros de investigación que tengan opción para publicarse.

5.4 Conclusiones y discusión

En el capítulo introductorio de esta tesis se establece que una proposición fundamental que sostiene esta investigación es que la relación entre VUE y productividad científica no es directa ni lineal, y que por lo tanto se deben incluir en el análisis las diversas modalidades de vinculación. En este capítulo se explora esta hipótesis mediante la inclusión de cuatro modalidades tradicionales de VUE en los modelos econométricos

En la tabla 5.4 se muestra de manera resumida el impacto del conjunto de variables explicativas sobre las tres variables dependientes incluidas en el análisis. El resultado más sobresaliente es que algunas de las modalidades tradicionales de VUE incorporadas en el análisis parecen mostrar influencia en la productividad científica. Para el caso de

consultoría la correlación es negativa para el número de artículos indexados. Por el contrario, la modalidad de proyectos conjuntos de investigación presenta un impacto positivo tanto en el número de artículos publicados como en la calidad de los mismos.

Tabla 5.3 VUE y factor de impacto

Variables	Coef.		Err. Std..	z	P>z
género	0.2842		0.3364	0.84	0.398
edad	0.2283 *		0.1270	1.80	0.072
edad_cua	-0.0023 *		0.0013	-1.84	0.066
bio_quím	0.0846		0.4314	0.20	0.845
med_cs	-0.0263		0.5839	-0.05	0.964
btec_agri	-0.0362		0.4296	-0.08	0.933
ingeniería	-0.7491 *		0.4130	-1.81	0.070
c_aplicada	-0.6656 ***		0.3345	-1.65	0.004
desarro_tec	-0.7452 ***		0.4545	-1.82	0.003
vintage2	-0.2974		0.3383	-0.88	0.379
país	0.0893		0.3028	0.29	0.768
contratos	0.4292		0.4809	0.89	0.372
consultoría	-0.2988		0.4890	-0.61	0.541
proyectos	0.7589 *		0.4538	1.67	0.094
entrenamiento	-0.5159		0.5348	-0.96	0.335
_cons	-3.3360		3.0014	-1.11	0.266
Núm de obs = 287			Log likelihood = -816.7431636		
Deviance = 328.4428019			(1/df) Deviance = 1.211966		
Pearson = 1211.275162			(1/df) Pearson = 4.46965		
*z<0.10 **z<0.05 ***z<0.01					
Fuente: elaboración propia					

Con respecto al género se obtuvo significancia moderada y positiva sólo en el caso del número de citas en publicaciones. Con este resultado se infiere que los investigadores varones tienen en promedio un número mayor de citas en sus artículos cuando se comparan con las mujeres. Sin embargo, para el caso de la cantidad de publicaciones y el factor de impacto no se encontró una diferencia notable lo cual implica un nivel homogéneo en la cantidad y calidad de los artículos publicados. Como se documenta en el capítulo 4, algunos hallazgos confirman que la discrepancia en el desempeño productivo entre hombres y mujeres ha disminuido en años recientes y sugieren que las diferencias en nivel productivo entre hombres y mujeres se encuentran en factores ajenos al género *per se* (Xie y Shauman, 1998; Leahey, 2006).

Los modelos econométricos permitieron confirmar empíricamente el patrón de comportamiento de la variable edad y edad al cuadrado. Todos los análisis sobre productividad científica donde se incluyen estas variables han mostrado una relación lineal positiva con la edad y curvilínea de tipo negativo con la edad al cuadrado para el caso de las tres variables resultado consideradas en el análisis. Estos resultados muestran evidencia de una función con rendimientos decrecientes entre la edad y la productividad científica del investigador académico (Hall, Mairesse y Turner, 2007; Jones, 2005; Lisoni *et al*, 2011).

Para los diversos campos de la ciencia sólo se encontró significancia estadística en las áreas de biología y química, y de ingeniería. El área de biología y química resultó significativa y con valor negativo respecto de la cantidad de artículos publicados. Este hallazgo permite inferir que los investigadores focalizados en esta área tienen una cantidad menor de artículos científicos cuando se comparan con el área de física, matemáticas y ciencias de la tierra. Empero, para el conteo del número de citas y el promedio de factor de impacto no se advierte discrepancia importante. La interpretación de este resultado es que para el área de biología y química se tiene una calidad de

artículos científicos que en promedio es similar a la categoría de comparación que es física, matemáticas y ciencias de la tierra.

Al observar los estimadores obtenidos para el caso de ingeniería se advierte que no existe discrepancia en el número de artículos publicados cuando se compara con el área de física, matemáticas y ciencias de la tierra. Sin embargo, en los modelos econométricos relativos a la cantidad de citas y el factor de impacto se encontraron coeficientes significativos con valor negativo. Estos resultados advierten que la cuantía de artículos publicados por los académicos pertenecientes a esta disciplina es similar, pero por el contrario, la calidad de esas publicaciones, evaluada por el número de citas y el factor de impacto, es menor comparada con los científicos adscritos en física, matemáticas y ciencias de la tierra. La diversidad en los niveles de productividad por campo del conocimiento ya había sido documentada en estudios previos (Kyvik, 1990; González-Brambila y Veloso, 2007).

Con respecto al tipo de actividad profesional del investigador, las estimaciones econométricas muestran que los académicos inmersos en ciencia básica logran en promedio una cantidad mayor de publicaciones científicas, número de citas y factor de impacto si se contrastan con sus colegas dedicados a ciencia aplicada y desarrollo tecnológico. Este resultado es de esperarse en términos del producto científico que resulta de sus proyectos de investigación.

Al observar los coeficientes obtenidos para el efecto “*vintage*” se nota que no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los indicadores examinados. Este hallazgo indica que no hay discrepancias notables entre los investigadores con muchos años de experiencia si se contrastan con aquellos que están iniciando su carrera académica para la cantidad de artículos publicados, número de citas o factor de impacto de las revistas.

A diferencia del modelo básico, al incluir las modalidades de VUE, el país de obtención del doctorado la estimación econométrica si detecta una diferencia estadísticamente significativa para la cantidad de citas. El resultado sugiere que los investigadores doctorados en el extranjero tienen en promedio un mayor número de citas en revistas indexadas si se comparan con los que obtuvieron el doctorado en México.

El modelo econométrico muestra resultados significativos para la realización de proyectos conjuntos de investigación. Para el caso de los tres indicadores de productividad utilizados se alcanza significancia moderada con signo positivo con artículos publicados y número de citas, en tanto que se obtuvo un impacto débil para el caso del factor de impacto. El hallazgo sugiere que esta modalidad de VUE está correlacionada positivamente tanto con la cantidad como con la calidad de la producción científica de los investigadores académicos. En otros términos, los investigadores académicos que desarrollan este tipo de proyectos tendrían una productividad científica superior en los tres indicadores considerados en este análisis cuando se contrastan con científicos que no realizan ninguna actividad de VUE (Perkmann y Walsh, 2009).

La explicación subyacente de este hallazgo puede encontrarse en la existencia de un flujo bidireccional de conocimiento en este tipo de modalidad de VUE. No obstante que se pueden presentar los problemas de “confidencialidad” y de “asimetría intelectual” la interacción del académico con los investigadores internos de la empresa y con personal técnico, pueden fortalecer su capital social. Asimismo, esta modalidad de VUE puede darle acceso a equipo especializado y a nuevos instrumentos. Estos dos procesos estarían vigorizando la capacidad productiva del científico por lo que se presenta un efecto positivo en la productividad del académico.

Con respecto a la modalidad de VUE por medio de entrenamiento, el modelo econométrico no detecta impactos estadísticamente significativos en ninguna de las variables respuesta usados. La interpretación de este resultado es que los investigadores académicos que llevan a cabo tareas de entrenamiento con las empresas consiguen un nivel de productividad similar al de aquellos científicos que no colaboran con el sector industrial tanto en cantidad de artículos publicados, número de citas y factor de impacto donde se publica.

La modelación econométrica no revela ninguna significancia estadística para la modalidad de vinculación por investigación contratada. Este resultado sugiere que el desarrollar esta modalidad de VUE con el sector productivo no tiene impacto alguno sobre el desempeño productivo del investigador, medido en términos de artículos publicados, cantidad de citas en revistas indexadas y factor de impacto. Bajo este argumento, los investigadores que se vinculan por medio de esta modalidad tienen en promedio un nivel de productividad similar al que logran los académicos que no colaboran con el sector productivo.

Una posible explicación para este resultado es que la investigación contrata puede estar bajo el dilema del “problema de confidencialidad” (Florida y Cohen ,1999). El tipo de proyecto que se desarrolla implica objetivos particulares de la empresa por lo que el impacto de esta modalidad de VUE sobre la productividad científica del investigador debería ser limitado. Como afirma Geuna (2001) con respecto al “problema de la confidencialidad”, con el propósito de asegurar la apropiación comercial de los frutos de la investigación, los académicos pueden estar comprometidos a demorar o incluso tener prohibida la publicación de los hallazgos. Otro inconveniente con este tipo de proyectos es el “problema de la asimetría intelectual” (Landry, Traore y Godin 1996). Los investigadores que ensayan esta modalidad de VUE pueden hallarse limitados para materializar sus resultados dado que no son los suficientemente novedosos o académicamente meritorios para ser publicados en revistas indexadas. Bajo estas dos

restricciones, a pesar de que en esta modalidad de VUE puede dar un flujo de conocimiento bidireccional (Arza y Vazquez, 2010; Dutrénit, De Fuentes y Torres, 2010), el impacto no alcanza a ser significativo sobre la productividad científica del investigador.

Las actividades de VUE por medio de consultoría sólo muestran significancia estadística para la cuantía de artículos y con signo negativo. Este hallazgo indica que los investigadores académicos que utilizan esta modalidad de VUE con el sector productivo, tendrían una cantidad menor en sus publicaciones comparados con los científicos que no se vinculan con las empresas bajo ninguna modalidad. No obstante, no se encuentra diferencia sustancial en el número de citas ni en el factor de impacto, lo que sugiere que la calidad de sus artículos, evaluada por la cantidad de citas y el factor de impacto de las revistas, no se vería afectada por las actividades de consultoría. Este es un resultado esperado debido a que las tareas de consultoría son principalmente de naturaleza técnica. Bajo esta premisa, los resultados que obtiene el investigador tienen poca probabilidad de ser compatibles con la producción de artículos científicos. Además, esta modalidad de VUE supone un flujo de conocimiento unidireccional donde los académicos reciben poco beneficio intelectual que no impacta de manera significativa en la productividad científica.

La ausencia de efecto significativo de las tareas de entrenamiento puede ser explicada en términos de su propia naturaleza. El propósito de esta modalidad de VUE generalmente está sesgado hacia los objetivos específicos de la empresa de tal manera que las habilidades y conocimientos implícitos están alineados con los requerimientos de técnicos y la solución de problemas específicos al interior de las empresas (Laursen y Salter, 2004). En este contexto, el flujo de conocimiento en esta interacción es unidireccional por lo que los beneficios sobre el nivel productivo del académico serían escasos.

En resumen, se puede concluir que, acuerdo con los resultaos obtenidos en los modelos econométricos, existe una relación diferenciada entre las diversas modalidades tradicionales de VUE y la productividad científica.

Anexo 2. Correlación entre modalidades de VUE

Tabla 5.7 Correlación entra las modalidades de VUE

	contra	consultoría	proy. conjuntos	capacitación
contra	1.00			
consultoría	0.58	1.00		
proy. conjuntos	0.49	0.39	1.00	
capacitación	0.52	0.56	0.60	1.00

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 6: Extensión del análisis de la productividad científica con otros productos de la investigación

6.1 Introducción

Este capítulo tiene como objetivo contribuir al análisis sobre la medición de la productividad científica mediante la incorporación de resultados de los investigadores no considerados en la literatura previa. Se incorporan variables que han estado ausentes como son el número de tesis de doctorado dirigidas y la publicación de capítulos de libros.¹³ El primero se refiere a la contribución de los investigadores académicos a la formación de capital humano; la segunda a un tipo de producto que tiene una alta presencia en el contexto latinoamericano. Además para el caso mexicano representa uno de los frutos más frecuentes de la investigación científica de los académicos en algunos campos de la ciencia.

A pesar de que la formación de capital humano de postgrado es una labor fundamental en el quehacer de los investigadores académicos, su inclusión en el análisis de la productividad científica ha sido poco examinada. Como se documenta en el capítulo 3, el cuerpo de literatura correspondiente ha privilegiado como variables respuesta componentes de la producción científica que sean tangibles, como los artículos en revistas indexadas y, en menor medida las patentes. Sin embargo, dado que las labores de dirección de tesis incluyen una inversión de tiempo y esfuerzo de parte del investigador y

¹³ Inicialmente se consideró la publicación de libros en lugar de los capítulos de libros, empero no se obtuvo resultados significativos con la variables explicativas por lo que se decidió incorporar capítulos de libros en lugar de libros.

además redunda en un producto no tangible – formación de capital humano, en esta investigación se incorporan las tesis de doctorado. La revisión de literatura del capítulo 2 permite afirmar que este es uno de los primeros estudios que introducen estas variables en el análisis de la medición de la productividad científica de los académicos.

En este capítulo también se incluye la elaboración de capítulos de libros como variable resultado. Aunque esta clase de publicaciones sigue un patrón diferente a las publicaciones en revistas, y resulta más complicado hacer comparaciones, es interesante explorar la dinámica de la productividad científica en esta clase de trabajos académicos sobre todo para un PD como en el caso de México. Cabe señalar que incluso hay una tendencia creciente al reconocimiento de este tipo de productos de la investigación y a su incorporación en las bases de publicaciones como *ISI Web of Science* y *SCOPUS*.

El capítulo consta de 4 apartados. En la sección segunda se describen las variables y la especificación del modelo econométrico estimado. Los resultados del análisis empírico están contenidos en la sección tercera. La sección cuarta contiene la discusión de los hallazgos y las conclusiones.

6.2 Variables y modelo econométrico

Variables resultado

En este capítulo las variables resultado consideradas en las estimaciones econométricas son las tesis de doctorado y los capítulos de libros publicados.

Variables explicativas y de control

El conjunto de variables explicativas utilizadas en esta sección incluye las empleadas en los modelos econométricos del capítulo 5, mismas que abarcan algunos factores personales de los investigadores académicos además de cuatro modalidades tradicionales de VUE. Una descripción detallada de estas variables independientes se encuentra en la sección 3.2.2. Debido a que las variables resultado son de tipo contable, presentan un sesgo hacia la derecha por lo que el modelo que se eligió para las estimaciones econométricas es MLG con la distribución de probabilidad Binomial negativa como enlace (ver gráficas 6.1 y 6.2). Las especificaciones de los modelos a estimar son las siguientes:

Modelo 1, determinantes de la productividad en tesis y capítulos de libros

$$\begin{aligned} NUM_VAR_i = & \beta_0 + \beta_1 GENERO_i + \beta_2 EDAD_i + \beta_3 EDAD_CUA_i + \beta_4 BIO_QUÍM_i + \beta_5 MED_CS_i + \beta_6 BTEC_AGRI_i \\ & + \beta_7 INGE_i + \beta_8 VINCULA_i + \beta_9 APLI_i + \beta_{10} DESA_TEC_i + \beta_{11} VINTAGE_i + \beta_{12} PAÍS_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

Modelo 2, modalidades de VUE y productividad en tesis y capítulos de libros

$$\begin{aligned} NUM_VAR_i = & \beta_0 + \beta_1 GEN_i + \beta_2 EDAD_i + \beta_3 EDAD_CUA_i + \beta_4 BIO_QUÍM_i + \beta_5 MED_CS_i + \beta_6 BTECH_AGRI_i \\ & + \beta_7 INGE_i + \beta_8 VINCULA_i + \beta_9 APLICADA_i + \beta_{10} DESARROLLO_i + \beta_{11} VINTA_2_i + \beta_{12} PAÍS_i + \beta_{13} CONTRA_i \\ & + \beta_{14} CONSULTO_i + \beta_{15} PROYECT_i + \beta_{16} ENTRENA_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

Donde NUM_ especifica el número de tesis asesoradas o la cantidad de capítulos publicados en libros en el período 2006-2009 por el investigador y el conjunto de los coeficientes beta representa el vector de variables explicativas. Este conjunto de variables

contiene factores personales de los investigadores académicos en el primero modelo y en el segundo se incluyen las cuatro modalidades tradicionales de VUE.

6.3 Resultados empíricos

En esta sección se describen los resultados empíricos de los modelos econométricos relativos a la cantidad de capítulos de libros publicados y al número de tesis de doctorado dirigidas, donde primero se exploran los determinantes de la productividad ya utilizados en el capítulo 4 y después se introducen las modalidades de VUE para indagar su impacto en las variables resultado.

6.3.1 Productividad científica y capítulos de libros

6.3.1.1. Determinantes de la productividad en capítulos de libros

La tabla 6.1 muestra los estimadores de las variables explicativas obtenidos para el modelo que explora los determinantes de la productividad científica medida por el número de capítulos publicados en libros. A continuación se describen cada uno de los resultados.

El coeficiente para la variable género resultó no significativo estadísticamente, lo cual implica que no existe una diferencia importante en el promedio del número de capítulos de libros que producen los varones comparados con las mujeres. Algunos estudios habían mostrado una productividad superior de los hombres sobre las mujeres, sin embargo evidencia reciente ha desechado esa hipótesis y ha mostrado que la brecha productiva ha disminuido en los últimos años.

Para la variable edad y edad al cuadrado se tiene que ambos alcanzaron significancia estadística moderada, con signo positivo para la edad y negativo para la edad al cuadrado. Como se refiere en los capítulos 4 y 5, este resultado implica una relación cuadrática entre la edad y la cantidad de capítulos de libros publicados donde la tendencia resulta positiva hasta un punto máximo a partir del cual el nivel declina de manera asintótica.

Tabla 6.1 Determinantes de la productividad en capítulos de libros

Variables	Coef.	Err. Std.	z	P>z
género	0.3093	0.2223	1.39	0.16
edad	0.2523 **	0.1105	2.28	0.02
edad_cua	-0.0026 **	0.0011	-2.36	0.02
bio_quím	2.0421 ***	0.3559	5.74	0.00
med_cs	0.8300 *	0.4975	1.67	0.10
btec_agri	2.0042 ***	0.3632	5.52	0.00
ingeniería	1.5799 ***	0.3752	4.21	0.00
vinculación	0.1249	0.2188	0.57	0.57
c_aplicada	-0.0710	0.2408	-0.29	0.77
desarro_tec	-1.0261 ***	0.3556	-2.89	0.00
vintage2	0.5869 ***	0.2256	2.60	0.01
país	-0.3510 *	0.1855	-1.89	0.06
_cons	-7.7169 ***	2.7194	-2.84	0.01
Núm de obs = 287		Log likelihood = -407.3712613		
Deviance = 306.5882863		(1/df) Deviance = 1.118935		
Pearson = 449.6808567		(1/df) Pearson = 1.641171		

* $z < 0.10$ ** $z < 0.05$ *** $z < 0.01$

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los campos de la ciencia, para biología y química, biotecnología y agricultura e ingeniería se tiene un estimador con alta significancia estadística de signo positivo, mientras que para medicina y ciencias de la salud la significancia es débil con signo positivo. Estos hallazgos sugieren que los investigadores académicos de estas disciplinas tendrían un número superior de capítulos de libros publicados si se comparan con los científicos del área de física, matemáticas y ciencias de la tierra. Por lo que respecta al campo de medicina y ciencias de salud presentarían una cantidad ligeramente superior *vis-a-vis* con los investigadores del área de base de comparación.

De acuerdo con el estimador obtenido, las actividades de VUE no presentan impacto estadísticamente significativo. Este hallazgo indica que la cantidad de capítulos de libro elaborados por investigadores académicos que se vinculan con las empresas es aproximadamente igual a la cuantía que alcanzan los científicos que no interactúan con el sector productivo.

En lo que se refiere al tipo de actividad de investigación, el modelo econométrico presenta resultados mixtos. Mientras que para ciencia aplicada no se detectó un efecto significativo, para desarrollo tecnológico se obtuvo alta significancia estadística de signo negativo. El resultado advierte que los académicos involucrados en ciencia aplicada no presentan una diferencia significativa en el promedio de capítulos de libros publicados si se contrastan con los de ciencia básica. Por el contrario, los científicos dedicados a tareas de desarrollo tecnológico estarían generando un número de capítulos de libros menor si se comparan con los académicos de ciencia básica.

El coeficiente estimado para el efecto “*vintage*” con alta significancia estadística y signo positivo muestra que los investigadores académicos con una trayectoria profesional más amplia tendrían en promedio una cantidad notablemente mayor de capítulos de libros publicados que aquellos científicos con una carrera académica más reducida.

Al considerar el origen de la institución en la que los investigadores obtuvieron el doctorado (nacional o extranjero), se alcanzó un coeficiente significativo moderado con signo negativo, lo cual sugiere que los investigadores instruidos en el extranjero estarían produciendo una cantidad ligeramente mayor de capítulos de libros que los científicos entrenados en México.

6.3.2.2 VUE y productividad en capítulos de libros

En esta sección se describen los resultados obtenidos para el modelo econométrico que toma como variable resultado nuevamente el número de capítulos de libros y que incorpora las modalidades tradicionales de VUE empleadas en el capítulo 5. Los estimadores obtenidos se muestran en la tabla 6.2, destacándose los resultados que se describen enseguida.

Cuando se incluyen las modalidades de VUE como variables explicativas, la variable género, el campo de medicina y ciencias de la salud no presenta una significancia estadística. Esto indica que el número de capítulos de libros realizados por el investigador no varía de manera importante por el género. Para el caso de medicina y ciencia de la salud, los investigadores de estas disciplinas tendrían un número similar de capítulos de libros.

Para la edad y la edad al cuadrado se obtuvieron estimadores significativos moderados con signo positivo y negativo respectivamente, lo cual significa que la cantidad de capítulos de libros elaborados por el investigador académico siguen una función con rendimientos decrecientes en relación con su edad.

Considerando los campos de la ciencia, la modelación econométrica estima para las áreas de biología y química, biotecnología y agricultura, e ingeniería coeficientes altamente significativos con tendencia positiva. La interpretación de este resultado es que los investigadores académicos de estos campos producen un mayor número de capítulos de libros que los científicos dedicados a física, matemáticas y ciencias de la tierra cuando se consideran en el análisis las modalidades tradicionales de VUE.

En lo que se refiere al tipo de actividad de investigación los resultados del modelo econométrico indican que no existe una discrepancia notable en el número de capítulos de libros cuando se comparan los investigadores académicos de ciencia aplicada con los de ciencia básica. Por el contrario, éstos últimos tendrán un número mayor de capítulos cuando se contrastan con los científicos pertenecientes a desarrollo tecnológico.

La variable que define el efecto “*vintage*” resulta altamente significativa y con valor positivo. El hallazgo sugiere que los investigadores que poseen una trayectoria profesional ya consolidada producen una cantidad superior de capítulos de libros si se contrastan con los científicos que tienen una carrera académica más corta.

Al considerar la variable país de obtención del doctorado se observa que tiene una significancia estadística moderada con signo negativo. Este resultado indica que los científicos que se doctoraron en el extranjero producen una mayor cantidad de capítulos de libros equiparados con los académicos que se graduaron en México.

Sólo el coeficiente estimado para la modalidad de VUE relativa a consultoría, tiene un estimador significativo débil con valor negativo. Este resultado sugiere que los investigadores que desarrollan esta modalidad de vinculación tienen un número inferior

de capítulos de libros si se contrastan con los científicos que no colaboran con el sector industrial.

Tabla 6.2 VUE y productividad en capítulos de libros

Variables	Coef.		Err. Std..	z	P>z
género	0.2697		0.2304	1.17	0.242
edad	0.2730	**	0.1132	2.41	0.016
edad_cua	-0.0028	**	0.0011	-2.46	0.014
bio_quím	2.0722	***	0.3599	5.76	0.000
med_cs	0.7957		0.5048	1.58	0.115
btec_agri	1.9931	***	0.3600	5.54	0.000
ingeniería	1.5515	***	0.3752	4.13	0.000
c_aplicada	0.5938		0.2270	2.62	0.009
desarro_tec	0.0087	**	0.2343	0.04	0.970
vintage2	-0.8837	***	0.3591	-2.46	0.014
país	-0.3623	**	0.1838	-1.97	0.049
contratos	0.2397		0.3247	0.74	0.460
consultoría	-0.6543	*	0.3386	-1.93	0.053
proyectos	-0.1876		0.3287	-0.57	0.568
entrenamiento	0.4216		0.3555	1.19	0.236
_cons	-8.1357	***	2.7986	-2.91	0.004
Núm de obs = 287			Log likelihood = -405.3969701		
Deviance = 302.6397039			(1/df) Deviance = 1.116752		
Pearson = 420.4531142			(1/df) Pearson = 1.551488		
*z<0.10 **z<0.05 ***z<0.01					
Fuente: elaboración propia					

A diferencia del modelo sobre la publicación de artículos indexados, la modalidad de proyectos conjuntos de investigación no alcanzó significancia estadística. Tampoco

presentaron significancia las modalidades de investigación contratada ni entrenamiento. El hallazgo sugiere que los investigadores que emplean estas formas de vinculación tendrían un número de capítulos de libros similar al de los científicos que no desarrollan ninguna modalidad de vinculación con las empresas.

6.3.2 Productividad científica y tesis de doctorado

6.3.2.1 Determinantes de la productividad en tesis de doctorado

Como se observa en la tabla 6.3, para la dirección de tesis de doctorado se obtuvieron sólo unos pocos estimadores con significancia estadística. A continuación se describen cada uno de los coeficientes obtenidos.

Los estimadores para la edad y la edad al cuadrado, género, actividades de VUE y país de obtención del doctorado no alcanzaron significancia estadística. El resultado sugiere que, para la muestra estudiada, no existe discrepancia notable en el número de tesis que asesoran los investigadores de acuerdo con estas variables independientes.

Considerando los campos de la ciencia, sólo se observa significancia estadística en biología y química, con un coeficiente estadísticamente significativo de signo negativo. Este resultado advierte que los investigadores académicos que laboran en esta área estarían asesorando una cantidad menor de tesis que los científicos pertenecientes a física, matemáticas y ciencias de la tierra. Para el caso de los demás campos de la ciencia no se obtuvo significancia estadística, lo que implica que no hay una diferencia notable en el número de tesis de doctorado dirigidas entre éstos y el área de física, matemáticas y ciencias de la tierra.

En relación al tipo de actividad del investigador se obtuvo alta significancia estadística de valor negativo para ciencia aplicada y desarrollo tecnológico. Este hallazgo indica que los científicos inmersos en este tipo de tareas tienen una cantidad de tesis dirigidas que resulta menor si se confrontan con aquellos dedicados a la ciencia básica.

Tabla 6.3 Determinantes de la productividad en tesis de doctorado

Variables	Coef.		Err. Std.	z	P>z
género	-0.1005		0.2025	-0.50	0.620
edad	0.0089		0.0761	0.12	0.907
edad_cua	0.0002		0.0007	0.22	0.824
bio_quím	-0.5936	**	0.2649	-2.24	0.025
med_cs	-0.2088		0.3442	-0.61	0.544
btec_agri	0.0506		0.2525	0.20	0.841
ingeniería	0.1245		0.2412	0.52	0.606
vinculación	0.2820		0.1926	1.46	0.143
c_aplicada	-0.7453	***	0.2132	-3.50	0.000
desarro_tec	-1.0459	***	0.2891	-3.62	0.000
vintage2	0.6086	***	0.2022	3.01	0.003
país	-0.1669		0.1678	-0.99	0.320
_cons	0.0602		1.9108	0.03	0.975
Núm de obs = 287			Log likelihood = -502.4920054		
Deviance = 304.5966931			(1/df) Deviance = 1.111667		
Pearson = 345.1142559			(1/df) Pearson = 1.259541		
*z<0.10 **z<0.05 ***z<0.01					
Fuente: elaboración propia					

El efecto “*vintage*” presenta un coeficiente significativo alto con tendencia positiva. Este resultado implica que los académicos que poseen una vasta trayectoria profesional estarían dirigiendo un número mayor de tesis de doctorado que aquellos científicos que poseen un recorrido académico más reducido.

6.3.1.3 VUE y productividad en tesis dirigidas

Esta sección contiene los resultados del modelo econométrico para la dirección de tesis en el cual se incorporan las modalidades de VUE como variables explicativas además de los factores personales considerados en la sección previa. La tabla 6.4 muestra los resultados de la estimación.

Esta especificación del modelo no presente diferencias respecto a la observada sin incorporar las modalidades de VUE. Esto sugiere que las actividades de VUE, con independencia de las modalidades utilizadas, no afectan la cantidad de tesis dirigidas por los investigadores académicos.

6.4 Conclusiones y discusión

En este capítulo se exploraron los determinantes de la productividad científica medida en términos del número de tesis dirigidas y la cantidad de capítulos publicados en libros. El objetivo es ampliar el concepto de producción científica incorporando en el análisis la formación de capital humano de posgrado (tesis de doctorado) y la producción de capítulos de libros. Para este análisis se utilizaron como variables explicativas algunos factores personales de los investigadores académicos y las cuatro modalidades tradicionales de VUE que se analizaron en los capítulos anteriores.

Tabla 6.4 VUE y productividad en tesis de doctorado

Variables	Coef.		Err. Std..	z	P>z
género	-0.0289		0.2014	-0.14	0.886
edad	0.0212		0.0774	0.27	0.784
edad_cua	0.0000		0.0007	0.05	0.964
bio_quím	-0.5511	**	0.2648	-2.08	0.037
med_cs	-0.1505		0.3475	-0.43	0.665
btec_agri	0.2187		0.2485	0.88	0.379
ingeniería	0.1982		0.2414	0.82	0.412
c_aplicada	0.6131	***	0.2032	3.02	0.003
desarro_tec	-0.6893	***	0.2079	-3.32	0.001
vintage2	-0.9353	***	0.2823	-3.31	0.001
país	-0.2032		0.1680	-1.21	0.226
contratos	0.2886		0.2865	1.01	0.314
consultoría	-0.2260		0.2860	-0.79	0.430
proyectos	-0.0447		0.2754	-0.16	0.871
entrenamiento	-0.1007		0.3031	-0.33	0.740
_cons	-0.1901		1.9483	-0.10	0.922
Núm de obs = 287			Log likelihood = --502.8687568		
Deviance = 305.3501958			(1/df) Deviance = 1.126753		
Pearson = 340.8824699			(1/df) Pearson = 1.257869		
*z<0.10 **z<0.05 ***z<0.01					
Fuente: elaboración propia					

Las tablas 6.5 y 6.6 presentan los resultados de las estimaciones econométricas de manera resumida. Una primera exploración muestra que para el número de tesis de doctorado se obtuvieron pocas variables con impacto significativo. Sin embargo, en el caso del número

de capítulos de libros publicados se tiene una cantidad importante de estimadores con significancia estadística. A continuación se documentan las conclusiones y discusión sobre los hallazgos obtenidos.

6.4.1. Hallazgos sobre capítulos de libros

Los modelos econométricos correspondientes a la productividad medida por capítulos de libros presentaron significancia estadística sólo en algunas de las variables explicativas. La tabla 6.6 presenta de forma resumida el efecto de cada una de esas variables. Al igual que en el caso de la dirección de tesis, se estimaron dos modelos econométricos, uno para explorar los determinantes de la producción de capítulos de libros y otro para estimar el efecto de las modalidades de VUE además de los factores personales de los investigadores académicos.

Las variables que no presentaron significancia estadística fueron: género, actividades de VUE en forma genérica. La interpretación de este resultado es que no hay una diferencia importante en la cantidad de capítulos de libros publicados por los investigadores en relación con estas variables explicativas.

En el caso de la variable edad, sí se obtuvo significancia estadística tanto para la edad como para la edad al cuadrado. Este resultado ratifica el comportamiento ya observado en los capítulos 4 y 5 sobre artículos en revistas indexadas, donde se da una relación lineal positiva con el término simple y un coeficiente negativo para la edad al cuadrado que implica una relación curvilínea para la producción de capítulos de libros. El hallazgo es consistente con la mayoría de las estimaciones realizadas, donde únicamente para el caso de tesis dirigidas no se alcanzó significancia estadística.

Con respecto a los campos de la ciencia, los hallazgos sugieren que los investigadores de física, matemáticas y ciencias de la tierra tienen en promedio un número menor de capítulos de libros que los académicos pertenecientes a todas la demás áreas de la ciencia. Una hipótesis probable para este hallazgo es que los investigadores de física, matemáticas y ciencias de la tierra obtienen productos que resultan más apropiados para publicarse en revistas indexadas, por lo que la forma de difundir el conocimiento de este campo son estas revistas especializadas y no la publicación de capítulos en libros.

Al examinar los estimadores obtenidos para el tipo de actividad del investigador se aprecia que, para ambos modelos econométricos, ciencia aplicada no muestra significancia estadística en tanto que desarrollo tecnológico sí lo presenta. Los resultados sugieren que la actividad de ciencia básica ofrece una mayor posibilidad de obtener resultados publicables que los de desarrollo tecnológico, que estarían alcanzando resultados más prácticos que dan poco margen para publicación en capítulos de libros.

En lo que se refiere al efecto “*vintage*”, los estimadores obtenidos muestran una muy alta significancia estadística con tendencia positiva. Este resultado señala que los investigadores con una carrera profesional más corta estarían produciendo una cantidad menor de capítulos de libros en comparación con los científicos que poseen una trayectoria académica más desarrollada. La explicación de este hallazgo es que los científicos consolidados en la carrera académica poseen mayor capital social (*networking*) y humano (experiencia) que incrementa la probabilidad de publicación de capítulos de libros.

Para la variable indicadora del país de obtención del doctorado se tiene una débil significancia en la estimación sobre los determinantes de la productividad y una significancia moderada para el modelo que incluye las modalidades de VUE con valor negativo. Estos resultados indican que los académicos que se doctoraron en el extranjero

superan en el número de capítulos de libros publicados a los científicos que recibieron su título de doctor en México. El resultado no resulta consistente con los obtenidos en los demás modelos econométricos donde no se obtuvo una ligera divergencia en los indicadores sobre productividad.

Con respecto a las modalidades de VUE, solamente se alcanzó significancia estadística para el caso de consultoría. El hallazgo indica que la VUE por investigación contratada, proyectos conjuntos de investigación y entrenamiento no tienen un impacto notable sobre la producción de capítulos de libros. Por el contrario, la modalidad de vinculación mediante consultoría parece tener un efecto perjudicial sobre el número de capítulos de libros publicados. Como se documenta en la sección 5.4, la variada dinámica en los flujos conocimiento en cada uno de las modalidades de VUE tiene efectos diversos sobre la productividad científica del investigador académico. En el caso de consultoría se tiene un flujo de conocimiento unidireccional que no ofrece beneficios académicos al investigador.

6.4.2 Hallazgos sobre tesis de doctorado

En el caso de las tesis de doctorado, los siguientes regresores no mostraron un efecto significativo: género, edad, país de obtención del doctorado y modalidades de VUE. La interpretación de este resultado es que no existe una diferencia considerable en el número de tesis de doctorado que asesoran los investigadores académicos en términos de esas variables explicativas.

Un resultado no esperado se obtuvo con la variable edad y edad al cuadrado y su relación con la cantidad de tesis de doctorado. En ambos modelos, el que estima los determinantes de la productividad de tesis de doctorado como el que explora el efecto de las modalidades de VUE, no se encontró significancia estadística. Este hallazgo sugiere que

no se presentan rendimientos decrecientes para la productividad en el caso de tesis asesoradas. En otros términos, el avance de la edad del académico no impacta de manera significativa en la cantidad de tesis de doctorado que dirigen los investigadores. Probablemente aquí también se presenta el efecto “acumulación”, es decir que los estudiantes de doctorado tenderían a buscar a los profesores con más prestigio académico y éstos no necesariamente serían los de mayor edad. Bajo este escenario, la productividad medida por el número de tesis dirigidas no se vería afectada por la edad como sucede con otros productos analizados en la literatura previa.

Con respecto a los campos de la ciencia, sólo se obtuvo significancia estadística moderada en el caso de biología y química que alcanza un estimador significativo con valor negativo tanto en la estimación de los determinantes productivos como en el que incluye las modalidades de VUE. Este resultado sugiere que la cantidad de tesis dirigidas por los académicos que pertenecen a esta área es menor si se compara con los investigadores de física, matemáticas y ciencias de la tierra. Para todos los restantes campos de la ciencia los resultados indican que no existe diferencia significativa entre los investigadores de física, matemáticas y ciencias de la tierra y las demás áreas de la ciencia incluidas en los modelos con respecto a la cantidad de tesis de doctorado dirigidas.

Al examinar los estimadores obtenidos para el tipo de actividad de investigación, se nota que se alcanzaron coeficientes significativos con tendencia negativa para los dos modelos econométricos. Este hallazgo sugiere que los investigadores de ciencia básica tienen en promedio un número superior de tesis dirigidas *vis-a-vis* con los académicos que trabajan temas relacionados con ciencia aplicada y desarrollo tecnológico. La evidencia indica que existe una divergencia consistente en cada uno de los indicadores de productividad empleados en esta investigación.

En lo referente al efecto “*vintage*”, se obtuvo alta significancia estadística con tendencia positiva en ambos modelos. La interpretación de este resultado es que los investigadores con una trayectoria profesional más desarrollada tienen un índice de tesis dirigidas que ese superior a los científicos con una carrera académica más modesta. Como se refiere en la sección 4.5 una hipótesis que puede sustentar este hallazgo sería el efecto “Mateo” o efecto acumulación. Los alumnos estarían más inclinados a elegir como director de sus tesis de doctorado a los académicos que tengan más prestigio y serían menos proclives a escoger a los investigadores con poca reputación o con una trayectoria profesional más corta.

Tabla 6.5 Determinates de la productividad científica en tesis y capítulos de libros MLG (Binomial negativa)

Variables	Capítulos	Tesis
género		
edad	++	
edad_cua	--	
bio_quím	+++	--
med_cs	+	
btec_agri	+++	
ingeniería	+++	
vincula		
c_aplicada		---
desarro_tec	---	---
vintage2	+++	+++
país doctorado	-	

+ impacto positivo, - efecto negativo

Fuente: elaboración propia

**Tabla 6.6 VUE y productividad científica en tesis y capítulos de libros
MLG (Binomial negativo)**

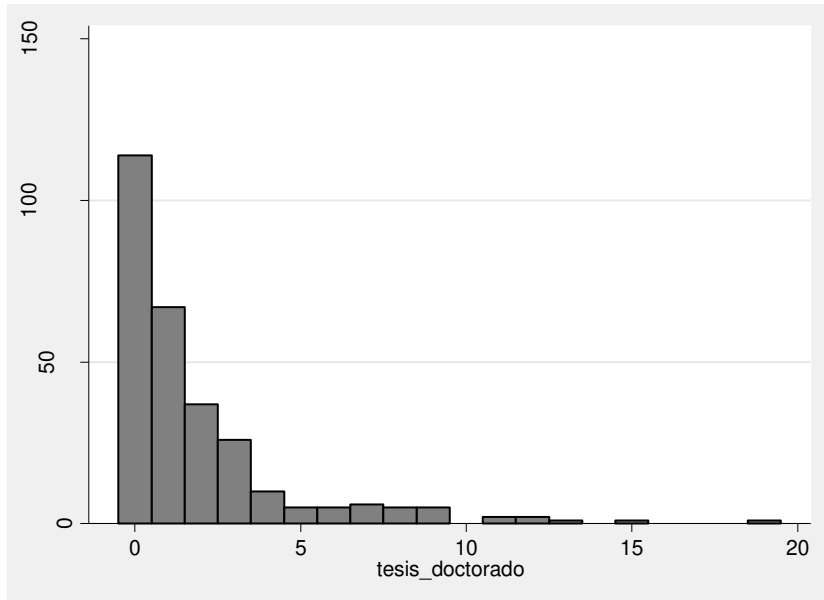
Variables	Capítulos	Tesis
género		
edad	++	
edad_cua	--	
bio_quím	+++	--
med_cs		
btec_agri	+++	
ingeniería	+++	
c_aplicada		---
desarro_tec	--	---
vintage2	+++	+++
país doctorado	--	
contratos		
consultoría	-	
proyectos conj.		
entrenamiento		

+ impacto positivo, - efecto negativo

Fuente: elaboración propia

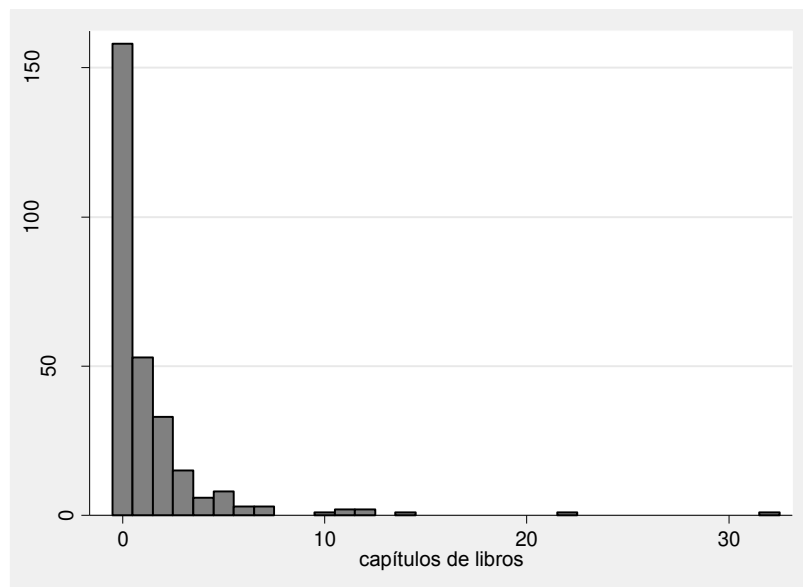
Anexo 3. Estadística descriptiva sobre capítulos de libros y tesis dirigidas

Grafica 6.1 Histograma de tesis de doctorado asesoradas



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 6.2 Histograma de capítulos de libros



Fuente: Elaboración propia

7. Exploración cuantílica de la productividad científica

7.1 Introducción

La publicación del artículo de Lotka en 1926 despertó un gran interés sobre una explicación para la extrema desigualdad en la productividad científica de los académicos. Lotka analizó una muestra de artículos de física en el siglo XIX y encontró que la distribución del número de publicaciones en revistas especializadas podía ser aproximada por la función $F(n)=k/n^2$, donde n es el número de artículos, $F(n)$ representa el número de científicos que producen n artículos y k es una constante. Después Price (1963) reforzó esta hipótesis al hallar que la distribución de las publicaciones científicas tiene un comportamiento sesgado muy pronunciado, donde aproximadamente un 6% de los académicos activos producen cerca del 50% de todos los artículos en un campo específico del conocimiento.

Tal como se documenta en la sección 4.1, para explicar el amplio diferencial productivo entre los investigadores académicos se han formulado dos hipótesis que se pueden considerar complementarias más que sustitutas. La primera afirma que el diverso nivel en la productividad científica está asociado a factores individuales que definen una habilidad dispar para plantear y resolver problemas (Galton, 1889). La segunda proposición sostiene que son los factores institucionales y el sistema de incentivos los determinantes de las discrepancias individuales en la productividad científica (Godin, 2006; 2007).

A manera de una derivación de la segunda hipótesis, en el campo de la sociología Merton (1968) plantea el efecto acumulación (o efecto “Mateo”) como un argumento explicativo para la dispar distribución de la productividad científica. Esta hipótesis sugiere que los investigadores académicos con un desempeño sobresaliente tendrían una probabilidad mayor de conseguir recursos para llevar a cabo proyectos de investigación comparados con aquellos que no han logrado ese nivel de notoriedad. En esta misma línea de análisis, Cole y Cole (1973) advierten sobre dos mecanismos de realimentación que consolidan este proceso. Primero, cuando el investigador adquiere un determinado nivel de prestigio o reputación, el acceso a recursos para desarrollar investigación se torna más factible. Segundo, una vez que un científico ha sido reconocido por lograr algún avance importante en su campo de conocimiento, estará motivado para mantener o incluso incrementar su reconocimiento mediante artículos adicionales.

Como se establece en la sección 1.2, uno de los objetivos de esta tesis es explorar la heterogeneidad que se presenta en la productividad científica individual de los investigadores académicos. En esta sección se desarrolla este análisis exploratorio mediante un conjunto de modelos econométricos cuantílicos. El propósito es analizar el efecto que tienen las variables explicativas sobre los diferentes niveles de productividad de los investigadores académicos. El capítulo está dividido en cinco apartados. En el segundo apartado se documenta y justifica el uso de la regresión cuantílica. La definición de las variables a utilizar y la especificación de los modelos estimados se presentan en el tercer apartado. El apartado cuarto describe los resultados empíricos. En el apartado cinco se abordan la discusión de los hallazgos y las conclusiones.

7.2. La regresión cuantílica

La regresión lineal estándar estima el efecto de las variables explicativas sobre la media condicional a lo largo de la recta de mejor ajuste para los datos analizados. A pesar de ser una de las metodologías más utilizadas para examinar la relación entre variables, presenta

el inconveniente de que los coeficientes obtenidos reflejan la tasa de cambio en el promedio de la variable resultado como función de las variables predictoras. Esta debilidad se vuelve un problema serio cuando el objetivo de la modelación es apreciar el impacto de las variables predictoras sobre el rango completo de la distribución de la variable dependiente y no únicamente sobre la media condicional.

Como alternativa se emplea la regresión cuantílica que permite estimar el efecto de las variables predictoras en cualquier percentil de la distribución de la variable respuesta. Esta metodología se emplea cuando se intuye que la muestra puede tener heterogeneidad no observable o cuando se desea verificar el impacto de las variables explicativas sobre todo el continuo de probabilidad de distribución de la variable resultado. Es decir que se estima el efecto de las variables predictoras sobre cuantiles específicos de la distribución de probabilidad de la variable dependiente. Así, por ejemplo, al hacer una regresión para el cuantil 0.30 se está estimando el efecto que tienen las variables explicativas sobre el 30% más bajo de la variable resultado.

En esta tesis se utiliza esta estrategia econométrica para verificar el efecto de los factores personales de los investigadores académicos y las modalidades tradicionales de VUE en todo el recorrido de cuantiles de la variable resultado. Este análisis apunta a contribuir a mejorar a la comprensión sobre la notable desigualdad que se presenta en la productividad científica tanto en términos de la cantidad como de la calidad. Esta disparidad ha sido documentado ampliamente en la literatura sobre productividad científica y los datos de la muestra analizada muestran el mismo patrón (ver gráficos 4.1 a 4.3 en el Anexo 1 del capítulo 4). Las regresiones cuantílicas también permitirán explorar empíricamente el efecto acumulación o efecto “Mateo”, documentado en la sección 7.1.

7.3 Variables y modelo econométrico

Variables resultado

Para la estimación de los modelos econométricos se utilizan como variables dependientes los indicadores que han sido utilizados en la literatura sobre productividad científica y que han mostrado un mejor ajuste en los capítulos 4 y 5. Con este criterio se eligieron el número de artículos publicados, la cantidad de citas y el factor de impacto de las revistas donde publican los investigadores académicos.

Variables explicativas y de control

Con respecto a las variables explicativas, se mantiene el mismo conjunto de variables s que se ha manejado en los tres capítulos anteriores. La lista incluye: género, edad y edad al cuadrado, modalidades tradicionales de VUE, ciencia básica, ciencia aplicada y desarrollo tecnológico como tipo de actividad de investigación; así como cinco campos de la ciencia de acuerdo con la clasificación del CONACYT: biología y química; medicina y ciencias de la salud; biotecnología y agricultura; ingeniería y física, matemáticas y ciencias de la tierra. Asimismo, se utilizan las variables de control aplicadas en los capítulos 4 y 5, es decir: efecto “*vintage*” y país de obtención del doctorado. Bajo estas consideraciones, la especificación del modelo que se utiliza en esta sección para las estimaciones econométricas es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 NUM_VAR_i = & \beta_0 + \beta_1 GENERO_i + \beta_2 EDAD_i + \beta_3 EDAD_CUA_i + \beta_4 BIO_QUÍM_i + \beta_5 MED_CS_i + \beta_6 BTEC_AGRI_i \\
 & + \beta_7 INGE_i + \beta_8 VINCULA_i + \beta_9 APLI_i + \beta_{10} DESA_TEC_i + \beta_{11} VINTAGE_i + \beta_{12} PAÍS_i + \varepsilon_i
 \end{aligned}$$

Donde NUM_VAR representa la variable dependiente que se cambia iterativamente en número de artículos publicados, cantidad de citas y factor de impacto de las revistas de publicación. En tanto que las betas significan el vector de variables predictoras incorporadas en el modelo.

7.4 Resultados empíricos

En este apartado se reportan los hallazgos empíricos obtenidos en las estimaciones cuantílicas. En primer lugar se describen los resultados de los modelos correspondientes al número de artículos publicados. La segunda sección contiene los hallazgos encontrados en los modelos referentes a la cantidad de citas. Finalmente, la tercera sección contiene los resultados que se obtuvieron utilizando el factor de impacto como variable resultado.

Con el propósito de evaluar el efecto de las variable explicativas a lo largo de toda la distribución de la variable dependiente se emplearon 14 cuantiles que van desde el $Q_{0.30}$ hasta el $Q_{0.95}$ con incrementos de 0.05. Además de la tabla de resultados que muestra los coeficientes obtenidos, se presentan en el anexo 7.1 las gráficas de los valores Z obtenidos para cada una de las variables independientes incorporadas en las regresiones. El objetivo es mostrar de forma más clara el efecto sobre cada cuantil de la variable respuesta. La puntuación Z define la existencia de significancia estadística para los coeficientes estimados en las regresiones. Este nivel de significancia se alcanza con un valor mayor o igual de $Z=1.64$ (en valor absoluto) para obtener significancia con un 10% de nivel confianza. Al contrastar los resultados de los modelos cuantílicos con los obtenidos en los MLG utilizados en los capítulos anteriores, se observar que la mayoría de los estimadores concuerdan en ambas estimaciones.

7.4.1 Análisis cuantílico de artículos publicados

Tabla 7.1 Regresiones cuantílicas número de artículos publicados, coeficientes estimados

cuantil	género	edad	edad_cua	bio_quín	med_cs	btech_agri	ingeniería	aplicada	desarrollo	vinta_2	país	contra	consult
q0.30	-0.133	0.116	-0.00148	-0.533	-0.211	0.450	0.384	-0.400	-0.224	0.347	0.119	0.451	-0.451
q0.35	-0.181	0.126	-0.00151	-0.557	-0.268	0.252	0.238	-0.544	-0.467	0.327	-0.0741	0.493	-0.523
q0.40	-0.175	0.145	-0.00166	-0.605	0.573	0.211	0.253	-0.592	-0.623	0.267	-0.276	0.555	-0.652
q0.45	-0.109	0.184	-0.00203*	-0.591	0.548	0.197	0.292	-0.557	-0.655	0.213	-0.459	0.524	-0.714
q0.50	-0.0658	0.207*	-0.00224**	-0.635	0.381	0.0543	0.174	-0.552**	-0.600	0.182	-0.480	0.526	-0.750*
q0.55	-0.0592	0.210*	-0.00228**	-0.588	0.259	-0.0157	0.0833	-0.504**	-0.520	0.194	-0.459	0.563*	-0.721*
q0.60	-0.154	0.195	-0.00218	-0.424	0.109	-0.0284	0.0141	-0.389	-0.430	0.309	-0.419	0.521	-0.586*
q0.65	-0.0240	0.181	-0.00204	-0.280	-0.120	-0.176	-0.0687	-0.219	-0.440	0.401	-0.266	0.275	-0.431
q0.70	-0.108	0.179**	-0.00188**	-0.432	-0.461	-0.469	-0.199	-0.440**	-0.779**	0.433	-0.0748	0.127	-0.493
q0.75	-0.159	0.195***	-0.00204***	-0.443*	-0.517	-0.463	-0.224	-0.395**	-0.660**	0.375	-0.0415	0.125	-0.484
q0.80	-0.164	0.234***	-0.00240***	-0.428	-0.275	-0.448	-0.230	-0.456	-0.739**	0.182	-0.123	0.0352	-0.353
q0.85	-0.0688	0.209	-0.00223	-0.520	-0.199	-0.412	-0.128	-0.609	-1.049	0.218	-0.0705	0.160	-0.311
q0.90	0.152	0.173	-0.00186	-0.354	0.0121	-0.345	0.0678	-0.544	-1.078*	0.0958	-0.0632	0.396	-0.406
q0.95	0.0224	0.128	-0.00148	-0.376	-0.247	-0.436	0.00268	-0.313	-0.842	0.205	-0.0190	0.281	-0.311
total obs							287						

* p < 0.10 ** p < 0.05 *** p < 0.01

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las estimaciones cuantílicas correspondientes al número de artículos publicados se muestran en la tabla 7.1. Cada renglón representa una regresión donde la variable respuesta es el número de artículos para el cuantil correspondiente al mismo renglón y los valores de los coeficientes estimados para las variables explicativas se reportan en las columnas. Así por ejemplo, en el primer renglón se presentan los valores de los coeficientes obtenidos para el cuantil 0.30 ó el 30% por ciento inferior de la muestra en términos del número de artículos publicados.

Las estimaciones cuantílicas no detectan significancia estadística para ninguno de los cuantiles sobre la publicación de artículos indexados en las siguientes variables: género, medicina y ciencias de la salud, biotecnología y agricultura, ingeniería, efecto “*vintage*” y país del obtención del doctorado. A continuación se describen los resultados donde sí se obtuvo significancia estadística para al menos uno de los cuantiles de la distribución.

Con respecto a la variable edad, en la tabla 7.1 se observa que la estimación econométrica obtiene significancia estadística en los cuantiles 0.50-0.55, y del 0.70 al 0.80. La interpretación de este hallazgo es que en los cuantiles referidos la edad impacta de manera más significativa y con valor positivo. El resultado es consistente con el MLG que presentó significancia estadística moderada de signo positivo (tabla 5.1).

Para la edad al cuadrado los resultados son semejantes a los alcanzados con edad en su término simple. Se nota que los coeficientes tienen significancia estadística sólo a partir del cuantil 0.45 al 0.55, y después entre los cuantiles 0.70 y 0.80 con valor negativo. El resultado indica que en los cuantiles mencionados el impacto del cuadrado de la edad es más significativo con tendencia negativa. El hallazgo es coherente con el alcanzado en el MLG donde se tiene una significancia estadística moderada de valor negativo (tabla 5.1).

Al revisar el coeficiente correspondiente al área de química y biología se observa que existe significancia estadística con signo negativo en los cuantiles 0.55 y 0.75 pero con signo negativo. La interpretación de este resultado es que el número de artículos publicados es inferior para los investigadores de estos campos de la ciencia en comparación con los académicos de física, matemáticas y ciencias de la tierra en los cuantiles mencionados. Esta variable alcanzó significancia estadística débil en el MLG de valor negativo por lo que los hallazgos son compatibles.

Para la actividad de ciencia aplicada la significancia estadística se obtiene en los cuantiles 0.50-0.55 y 0.70-0.75 con valor negativo. El resultado implica que los investigadores de ciencia básica publican una cantidad superior de artículos en comparación con los académicos de las ciencias aplicadas en los cuantiles señalados. Para el MLG correspondiente la variable también mostró alta significancia estadística de signo negativo.

Con respecto a la actividad de desarrollo tecnológico, en la tabla 7.1 se nota que los cuantiles que reciben un impacto más intenso y se obtiene significancia estadística van del 0.70 a 0.80 con tendencia negativa. Este hallazgo sugiere que en los cuantiles referidos los académicos dedicados al desarrollo tecnológico producen menos artículos que los investigadores ubicados en la ciencia básica. Esta variable explicativa en el MLG correspondiente también alcanzó alta significancia estadística con signo negativo.

Para la modalidad de VUE mediante investigación contratada, se observa que únicamente para el cuantil 0.55 se tiene significancia estadística con signo positivo. La interpretación de este hallazgo es que sólo en ese cuantil los académicos que practican esta modalidad de vinculación producen un mayor número de artículos si se comparan con los investigadores que no se vinculan con el sector productivo. Para el MLG no se alcanzó significancia estadística lo que advierte que al ser sólo un cuantil el que presenta ese

impacto, no se ve reflejado en la media condicional calculada por este último modelo econométrico.

Considerando la modalidad de VUE a través de consultoría, el modelo econométrico muestra tres cuantiles con significancia estadística que abarcan del 0.50 al 0.60 con signo negativo. El resultado indica que para estos cuantiles los científicos que desarrollan esta modalidad de vinculación tienen un número inferior de artículos publicados cuando se contrastan con los investigadores que no practican ninguna actividad de VUE. El hallazgo es consistente con el obtenido en el MLG ya que se alcanzó significancia estadística moderada con valor negativo.

Con respecto a la modalidad de VUE por medio de proyectos conjuntos de investigación se alcanza significancia estadística para los cuantiles 0.45 y 0.50 de signo positivo. Este resultado sugiere que en los cuantiles mencionados los científicos que desarrollan esta modalidad de vinculación producen una cantidad superior de artículos cuando se equiparan con los académicos que no colaboran con el sector productivo. Un resultado similar se obtuvo en el MLG que estimó una moderada significancia estadística de valor positivo.

Los resultados de la estimación econométrica para la modalidad de VUE a través de entrenamiento muestran que solamente se alcanza significancia estadística en los cuantiles 0.50 y 0.55 con valor negativo. El resultado sugiere que en estos cuantiles los académicos que practican esta modalidad de VUE tienen una cantidad menor de artículos publicados si se contrastan con los investigadores que no se vinculan en lo absoluto con el sector industrial. Sin embargo, ese impacto parcial en los cuantiles no fue suficiente para obtener un resultado consistente con el MLG ya que en esta estimación no se alcanzó la significancia estadística.

En resumen la evidencia de la muestra analizada sugiere que existe una gran heterogeneidad en el impacto que tienen las variables explicativas sobre la productividad científica medida por el número de artículos indexados publicados. En otros términos la influencia de las variables independientes incluidas en el análisis está ponderada por el cuantil (cantidad de artículos) en que se encuentran ubicados los investigadores académicos.

7.4.2 Análisis cuantílico de número de citas

En esta sección se reportan los hallazgos empíricos de los modelos econométricos cuantílicos relativos al número de citas que reciben los investigadores en sus publicaciones. Los resultados numéricos se muestran en la tabla 7.2. A continuación se describen los hallazgos obtenidos.

Los resultados del modelo econométrico relativo al número de citas no muestran significancia estadística para las variables: biología y química, medicina y ciencias de la salud, efecto “*vintage*”, y la modalidad de VUE por consultoría.

En la tabla 7.2 se advierte que para los coeficientes relativos al género hay tres cuantiles con significancia estadística de valor positivo que son 0.70-0.80. El hallazgo sugiere que en los cuantiles referidos los hombres tienen una cantidad mayor de citas en sus publicaciones que las mujeres. El resultado es consistente con la estimación obtenida en el MLG donde se alcanzó significancia estadística de signo positivo.

Con respecto a la edad, se nota que sólo para el cuantil 0.85 se tiene significancia estadística de valor positivo. La interpretación de este resultado es que en el cuantil

Tabla 7.2 Regresiones cuantílicas número de citas, coeficientes estimados

cuantil	género	edad	edad_cua	bio_quím	med_hs	btech_agri	ingeniería	aplicada	desarrollo	vinta_2	país	contra	consult
q0.30	-0.225	0.0631	-0.00138	-0.833	0.0654	0.767	-0.427	-0.257	0.655	0.792	0.165	0.617	-0.735
q0.35	-0.389	-0.00145	-0.000875	-0.816	0.0944	0.960	-0.406	-0.438	0.483	0.816	0.0754	0.475	-0.559
q0.40	-0.551	0.0310	-0.00140	-0.397	0.0280	1.212	-0.307	-1.073	-0.111	0.712	-0.0762	0.489	-0.339
q0.45	-0.521	0.172	-0.00276	-0.474	-0.653	0.845	-0.605	-1.094	-0.436	0.408	-0.278	0.686	-0.150
q0.50	-0.358	0.0242	-0.000978	-0.328	-0.147	0.678	-0.949	-0.758	-0.471	0.312	-0.288	0.0987	-0.299
q0.55	-0.514	0.0532	-0.00112	-0.507	-0.431	0.415	-1.005**	-0.810**	-0.510	0.182	-0.207	0.0343	-0.141
q0.60	-0.382	0.00366	-0.000446	-0.322	-0.381	0.293	-0.912	-0.700	-0.459	0.144	-0.344	-0.0540	-0.168
q0.65	-0.194	0.108	-0.00132	0.136	-0.428	-0.119	-0.957	-0.724	-0.502	0.152	-0.187	0.0893	-0.160
q0.70	0.0247*	0.146	-0.00176	0.229	-0.282	-0.0832	-0.586	-0.759*	-0.300	0.101	-0.173	0.318	-0.297
q0.75	0.122**	0.174	-0.00201	0.235	-0.277	-0.0436	-0.550	-0.966	-0.567	0.00371	-0.442*	0.245	-0.143
q0.80	0.246*	0.202	-0.00225*	0.246	-0.334	-0.0182	-0.509	-1.021	-0.873	-0.0299	-0.458	0.370	-0.225
q0.85	0.416	0.195**	-0.00217**	0.309	-0.00713	0.0819	-0.511	-0.893	-0.871**	0.0963	-0.369	0.451**	-0.506
q0.90	0.258	0.207	-0.00231	-0.115	-0.240	-0.319	-0.706	-0.613	-0.734	-0.0843	-0.0520	0.316	-0.125
q0.95	0.642	0.141	-0.00194*	0.342	0.550	-0.272**	-0.365	-0.506	-0.504***	0.183	-0.350	-0.429	0.0368
total obs							287						

* p < 0.10 ** p < 0.05 *** p < 0.01

Fuente: Elaboración propia

mencionado se aprecia una divergencia importante en el número de citas obtenidas en artículos en función de la edad del investigador. Para el MLG que estima la media condicional para todos los cuantiles también se encontró significancia estadística moderada de signo positivo.

Al observar el coeficiente estimado correspondiente a la edad al cuadrado se advierte significancia estadística para los cuantiles 0.80-0.85 y 0.95 de signo negativo. El resultado implica que en los cuantiles referidos se tiene la discrepancia más marcada respecto de la cantidad de citas recibidas en relación con la edad al cuadrado. El resultado es congruente con el obtenido en el MLG ya que se obtuvo alta significancia estadística con valor negativo.

El coeficiente relativo al campo de la biotecnología y la agricultura sólo obtiene significancia estadística en el cuantil 0.95 con valor negativo. El hallazgo sugiere que sólo existe una diferencia importante en la cantidad de citas recibidas, entre los académicos de estas disciplinas y los de física, matemáticas y ciencias de la tierra para el cuantil señalado.

Para el campo de la ingeniería se advierte que sólo se alcanza la significancia estadística en el cuantil 0.55. La interpretación de este hallazgo es que sólo en el cuantil referido los académicos de esta disciplina tienen un número superior de citas si se contrastan con los investigadores de física, matemáticas y ciencias de la tierra. En el MLG se alcanzó alta significancia estadística de signo negativo, lo que implica la media condicional de la variable respuesta sí detecta significancia estadística.

Con respecto a las actividades de investigación en ciencia aplicada se alcanza significancia estadística en los cuantiles 0.55 y 0.70. El resultado sugiere que en estos

puntos de la distribución los académicos de ciencia básica tienen una cantidad superior de citas que los investigadores ubicados en tareas de ciencia aplicada. También para el MLG se obtuvo alta significancia estadística con valor negativo.

En el caso de las actividades de investigación centradas en el desarrollo tecnológico, se localizan dos cuantiles con significancia estadística de valor negativo, el 0.85 y el 0.95. La interpretación de este hallazgo es que sólo en estos cuantiles los científicos dedicados a desarrollo tecnológico obtienen un número inferior de citas *vis-avis* con los académicos de ciencia básica. El resultado es consistente con el MLG ya que se alcanzó alta significancia estadística con valor negativo.

Para la variable indicadora del país de obtención del doctorado únicamente se obtiene significancia estadística para el cuantil 0.75 de valor negativo. El hallazgo implica que sólo en este punto de la distribución los académicos doctorados en el extranjero reciben una cantidad mayor de citas que los investigadores graduados en México. En el MLG se alcanzó significancia estadística negativa débil para este predictor lo cual indica que el efecto parcial del cuantil referido tiene impacto considerable al ponderar la media condicional de la variable respuesta.

Considerando la modalidad de VUE por investigación contratada se advierte que solamente en el cuantil 0.85 se tiene significancia estadística de valor positivo. La interpretación de este hallazgo es que en este cuantil los investigadores que desarrollan esta modalidad de vinculación obtienen en promedio una cantidad mayor de citas que los científicos que no interactúan con las empresas. En el MLG no se obtuvo significancia estadística para esta variable explicativa, lo que implica que la significancia parcial del cuantil 0.85 no fue suficiente para impactar la media condicional de la variable resultado.

Para la modalidad de VUE mediante proyectos de investigación conjunta se notan tres puntos con significancia estadística de signo positivo que son 0.70-0.80. El hallazgo sugiere que en los cuantiles señalados, los académicos que ensayan este tipo de VUE tienen una cantidad superior de citas si se contrastan con los investigadores que no interactúan con el sector productivo. En el MLG se tienen resultados semejantes ya que se alcanza significancia estadística moderada de valor positivo.

Con respecto a la modalidad de VUE por entrenamiento, se observa que se alcanza significancia estadística en los cuantiles 0.60, 0.70 y 0.75. El resultado indica que los científicos que desarrollan este tipo de vinculación reciben en promedio un número menor de citas si se comparan con los investigadores que no se vinculan con las empresas.

7.4.3 Análisis cuantílico del factor de impacto

Esta sección contiene los hallazgos de los modelos econométricos correspondientes al análisis cuantílico del factor de impacto de las revistas donde publican los investigadores académicos. Los resultados numéricos están contenidos en la tabla 7.3 situada al final del capítulo. A continuación se describen los resultados obtenidos.

El modelo econométrico correspondiente al factor de impacto no muestra significancia estadística en ninguno de los cuantiles para las siguientes variables: biología y química, medicina y ciencias de la salud, efecto “*vintage*”, país de obtención del doctorado, y las modalidades de VUE por investigación contratada y consultoría.

Tabla 7.3 Regresiones cuantílicas factor de impacto, coeficientes estimados

cuantil	género	edad	edad_cua	bio_quím	med_cs	btech_agri	ingeniería	aplicada	desarrollo	vinta_2	pais	contra	consulto
q0.30	-0.297	0.00343	-0.000262	-0.261	-0.0248	0.267	0.00712	-0.276	0.0863	0.267	-0.123	0.124	-0.192
q0.35	-0.697	0.157	-0.00185	-0.587	0.0404	0.240	-0.382	-0.607	-0.135	0.251	-0.125	0.679	-0.581
q0.40	-1.251**	0.173	-0.00200	-0.978	-0.00426	0.151	-0.317	-1.127*	-0.811	0.141	-0.507	0.456	-0.551
q0.45	-0.909	0.0413	-0.000940	-0.783	0.395	0.471	-0.473	-2.322***	-2.011*	-0.0853	-0.705	1.036	-0.457
q0.50	-0.865	-0.187	0.000781	-0.514	-0.198	0.240	-0.411	-2.847**	-2.984	-0.119	-0.838	0.592	-0.695
q0.55	-1.867*	-0.364	0.00249	-0.520	-2.568	-0.562	-1.964	-4.109***	-4.052***	-0.241	-0.784	0.450	-0.697
q0.60	-1.272	-0.227	0.00108	0.449	-2.779	-0.672	-1.740	-4.885***	-5.164***	-0.361	-0.559	0.408	-0.389
q0.65	-0.512	-0.201	0.000494	2.400	-2.501	0.180	-1.088	-4.788***	-4.866**	0.602	-0.751	0.433	-0.220
q0.70	0.486	0.00857*	-0.00164*	2.102	-1.598	-0.199	-2.483	-4.974***	-5.186**	0.256	-1.238	0.523	-1.795
q0.75	0.0684	0.769*	-0.00795*	-1.589	-3.875	-4.570*	-6.264**	-9.446***	-8.332***	-0.391	-1.174	-0.650	-1.631
q0.80	1.271	1.110*	-0.0114*	0.176	-3.204	-6.573	-8.743**	-14.29***	-13.16***	-0.121	-1.588	-0.132	-3.299
q0.85	3.217	1.755	-0.018	1.812	-3.444	-6.639*	-8.504**	-15.48***	-15.35***	0.977	-3.445	1.612	-2.100
q0.90	4.580	2.028	-0.0222*	0.841	1.057	-6.207	-10.08**	-15.45***	-10.65*	1.681	-3.730	1.612	-6.940
q0.95	7.724	1.753	-0.0199	-6.622	1.738	-12.88	-19.20	-17.21	-11.45	4.021	-1.529	-4.911	-4.796
total obs							287						

* p < 0.10 ** p < 0.05 *** p < 0.01

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente estimado para la variable género sólo alcanza la significancia estadística en los cuantiles 0.40 y 0.55 con valor negativo. La interpretación de este resultado es que el factor de impacto sólo difiere de manera importante en los cuantiles mencionados entre los varones y las mujeres, favoreciendo a estas últimas. Sin embargo, en el MLG no se tiene significancia estadística lo cual implica que al estimar la media condicional de la variable respuesta la significancia parcial no tiene un impacto relevante.

Para la variable edad se tiene significancia estadística entre los cuantiles 0.70 y 0.80 de valor positivo. La interpretación de este resultado es que en estos cuantiles el factor de impacto varía de manera significativa con la edad de los académicos. El resultado es consistente con la estimación del MLG pues se obtuvo una significancia débil de signo positivo.

Con respecto a la edad al cuadrado el modelo econométrico arroja significancia estadística entre los cuantiles 0.70 y 0.80. El resultado advierte que existe una diferencia importante en el factor de impacto esos cuantiles respecto del cuadrado de la edad en los cuantiles señalados. El resultado es convergente con el estimado del MLG donde se alcanzó una significancia estadística moderada de valor negativo.

Considerando el campo de biotecnología y agricultura, se observan dos puntos con significancia estadística el 0.75 y el 0.85 con signo negativo. El resultado indica que en estos cuantiles los académicos de esta área tienen un factor de impacto menor si se comparan con los investigadores de física, matemáticas y ciencias de la tierra. Pero en el MLG no se obtuvo significancia estadística lo que sugiere que el impacto parcial de estos cuantiles no resultó suficiente para impactar la media condicional de la variable dependiente.

Para el caso de ingeniería se advierten varios cuantiles con significancia estadística ubicados en el rango de 0.75 a 0.90. Este hallazgo indica que en los cuantiles referidos los académicos de esta disciplina tienen un factor de impacto menor en sus publicaciones si se contrastan con los investigadores de física, matemáticas y ciencias de la tierra. Los resultados en el MLG son consistentes ya que se alcanzó significancia estadística débil con valor negativo.

Con respecto a las actividades de ciencia aplicada se advierte significancia estadística en el rango que va del cuantil 0.40 hasta el 0.90 de signo negativo. El resultado sugiere que en el rango de estos cuantiles los académicos que se dedican a la ciencia aplicada tienen un factor de impacto menor si se comparan con los investigadores que laboran en ciencia básica. Los resultados son consistentes con el MLG donde se tiene significancia estadística alta de valor negativo.

Al observar el coeficiente para las actividades de desarrollo tecnológico se advierten varios puntajes estadísticamente significativos que abarcan desde el cuantil 0.45 hasta el 0.90 con valor negativo. La interpretación de este resultado es que en esos cuantiles los científicos dedicados a desarrollo tecnológico tienen un factor de impacto notablemente menor si se contrastan con los investigadores que se dedican a ciencia básica. En el MLG se alcanzaron resultados compatibles pues se tiene significancia estadística alta con signo negativo.

En el caso de la modalidad de VUE mediante proyectos conjuntos de investigación se observa que se obtiene significancia estadística en dos cuantiles que son 0.70 y 0.75 de signo positivo. El hallazgo sugiere que los cuantiles referidos los investigadores que practican esta modalidad de VUE tienen un factor de impacto superior si se comparan

con los académicos que no interactúan con el sector industrial. Para el MLG también se alcanzó significancia estadística débil de valor positivo para esta variable explicativa.

Considerando la modalidad de VUE mediante entrenamiento se observa un comportamiento irregular que abarca tanto valores negativos como positivos. Se nota también que hay dos cuantiles con significancia estadística negativa que son el 0.60 y el 0.65. Este resultado indica que en los cuantiles señalados los académicos que utilizan este tipo de vinculación tienen un factor de impacto más alto que el alcanzado por los científicos que no colaboran con las empresas. Sin embargo, el efecto parcial de estos cuantiles no fue suficiente para impactar la media condicional en el MLG donde no se alcanzó la significancia estadística.

7.5 Conclusiones y discusión

En el capítulo introductorio de esta tesis se afirma que no obstante que el cuerpo de literatura sobre productividad científica y VUE ha presentado hallazgos interesantes para la comprensión de esta interacción fundamentalmente en el contexto del SNI, la agenda pendiente de investigación todavía es extensa para un mejor entendimiento de los detalles finos que definen la dinámica de esta interacción. Con el objetivo de contribuir en esta discusión, este capítulo explora la extrema desigualdad de la productividad científica mediante la estimación de un conjunto de modelos econométricos cuantílicos. Como variables explicativas se emplean algunas características personales de los investigadores académicos además de cuatro modalidades tradicionales de VUE. Se utilizan como variables respuesta los indicadores de productividad más ampliamente usados: número de artículos publicados, cantidad de citas y factor de impacto de las revistas en donde publican los académicos.

Las estimaciones cuantílicas permitieron identificar la amplia heterogeneidad que se presenta en la productividad científica de acuerdo con las variables explicativas incluidas en el análisis. Así por ejemplo, para la publicación de artículos, los cuantiles inferiores no presentan significancia estadística en ninguna de las variables explicativas incluidas en el análisis (0.30-0.40). Por el contrario para la mayoría de las variables independientes el efecto significativo se comienza a obtener a partir del cuantil 0.50. Cabe señalar que los cuantiles inferiores se encuentran los investigadores académicos que tienen una menor cantidad de artículos publicados en revistas indexadas.

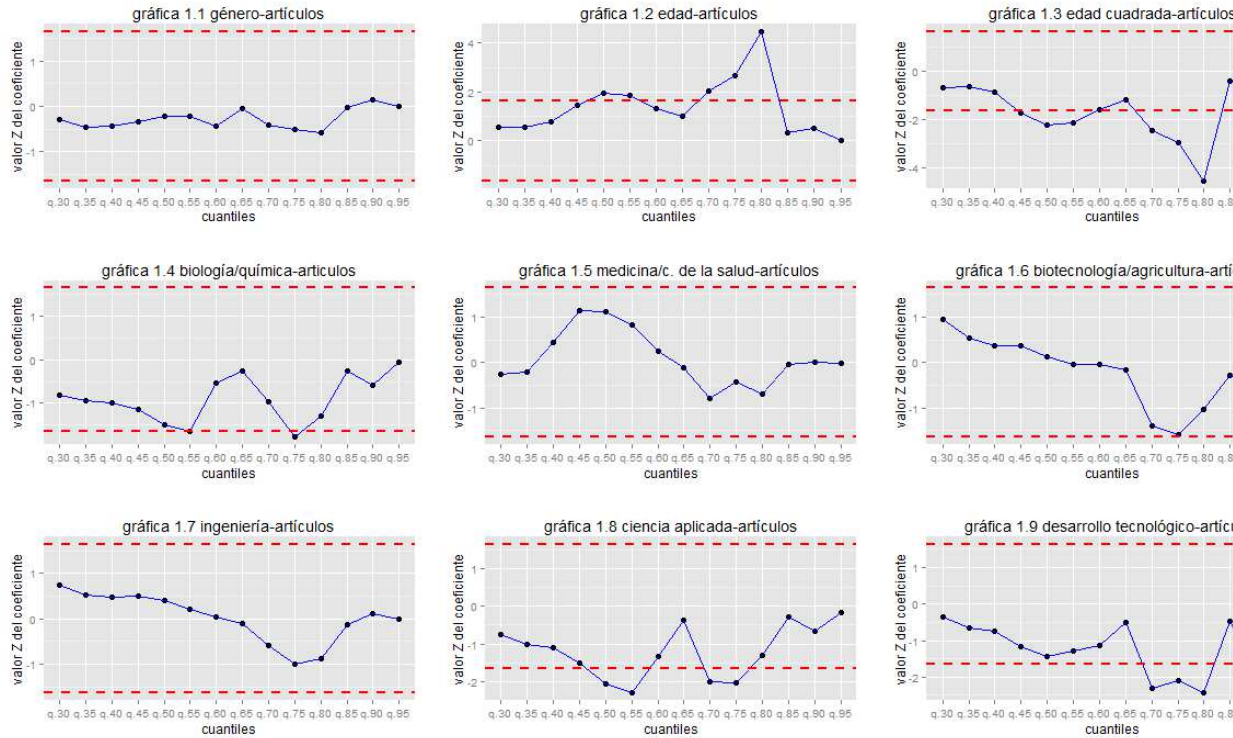
En el caso de los modelos cuantílicos correspondientes al número de citas, sólo se alcanza significancia estadística a partir del cuantil 0.55, por lo que sólo se observa un efecto significativo en los cuantiles medios y altos de la distribución de la variable dependiente. Para la estimación econométrica sobre el factor de impacto, sólo se advierte significancia estadística desde el cuantil 0.40 en adelante. Es decir, que se repite el patrón donde los cuantiles inferiores no presentan significancia estadística para ninguna de las variables explicativas. Estos resultados indican que el efecto de las variables independientes es significativo en los investigadores que tiene un número citas más alto en tanto que no tienen efecto sobre los académicos con nivel de citas más bajo.

Con respecto a las hipótesis principales sobre una explicación para la disparidad en la productividad científica de los investigadores, los resultados empíricos sugieren la existencia de un efecto acumulación o un efecto “Mateo” (Merton, 1998; Allison y Stewart, 1974; Van Looy et al, 2004), al menos para la muestra analizada en esta investigación. Los resultados sugieren que el efecto de las variables predictoras es más pronunciado en los cuantiles medios y altos, por lo que se infiere que las diferencias en términos de productividad científica son provocadas, el menos parcialmente, por la productividad anterior que ha tenido el investigador. Este hallazgo se observa tanto en los coeficientes estimados por las regresiones cuantílicas como en las gráficas de los valores Z correspondientes a estos coeficientes.

Los modelos cuantílicos también funcionaron como mecanismo de validación de los MLG, ya que en casi todos los casos se obtuvieron resultados consistentes. De esta manera permite reforzar algunos resultados alcanzados en los modelos MLG, sobre todo en el caso de variables que mantienen la significancia.

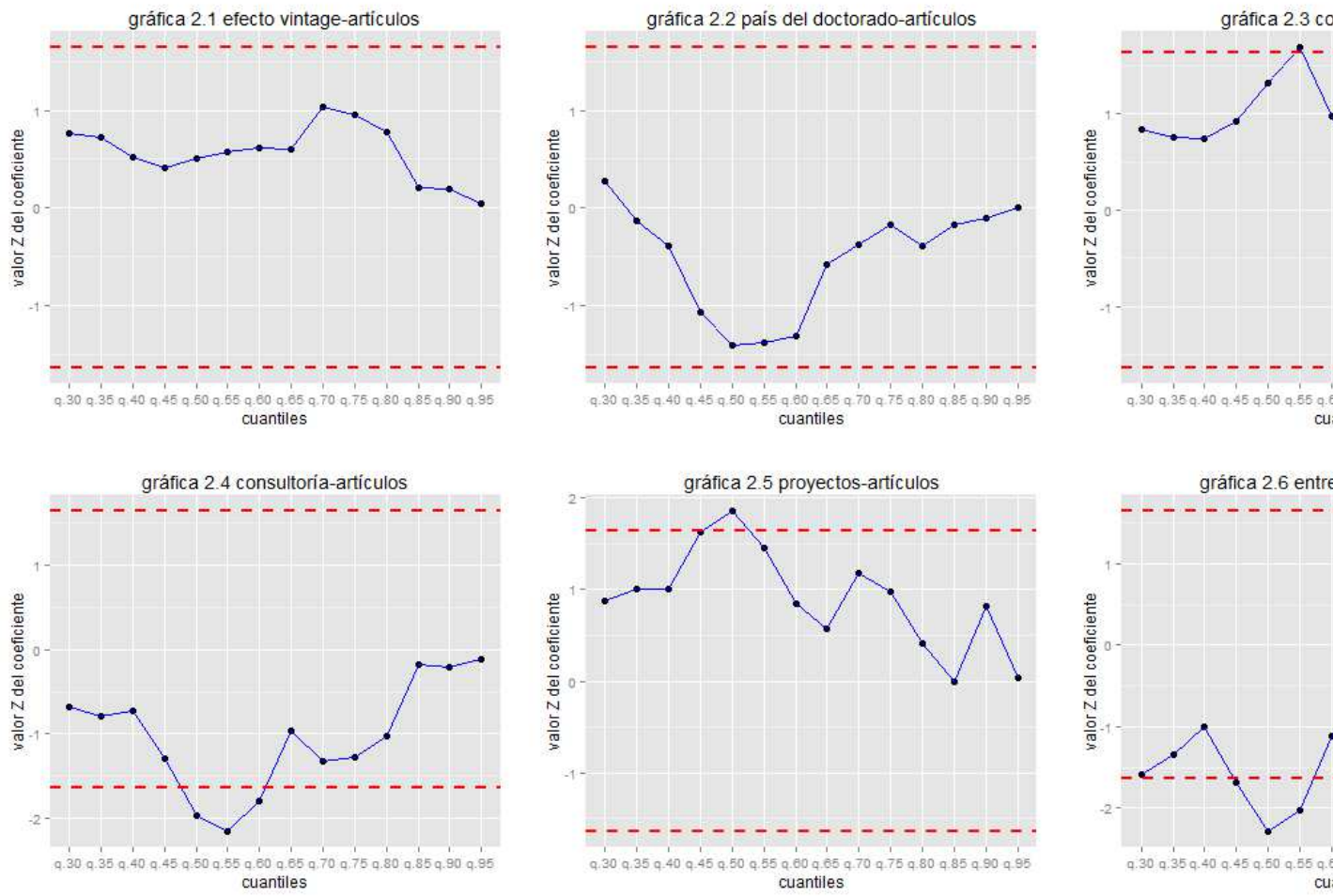
Anexo 4. Gráficas de las regresiones cuantílicas

Gráfica 7.1 Estimación cuantílica para el número de artículos (valores Z de los coeficientes)

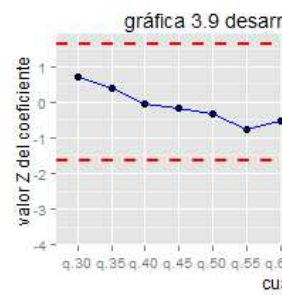
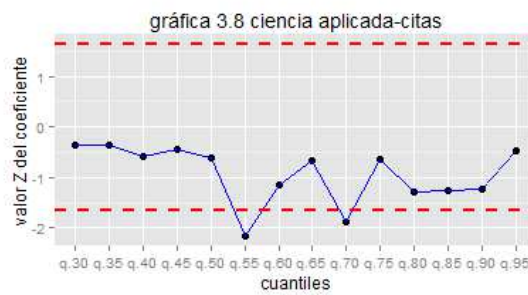
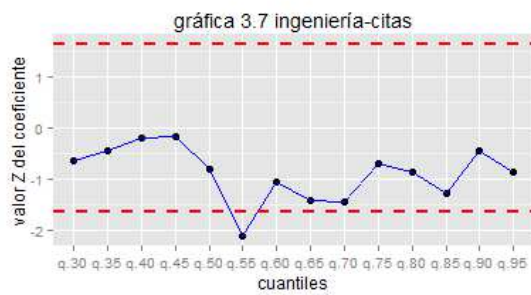
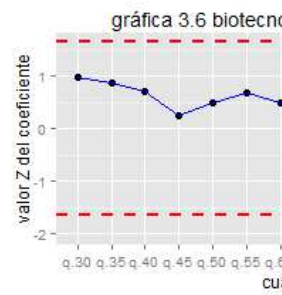
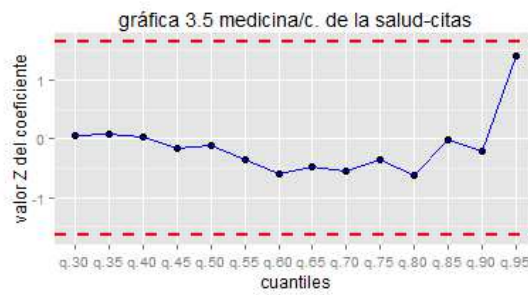
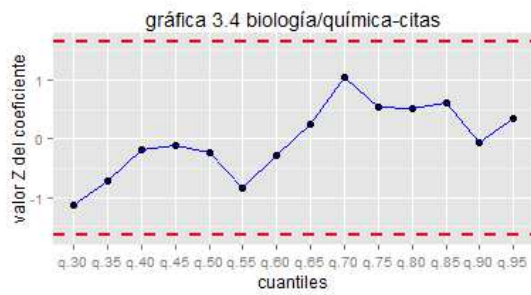
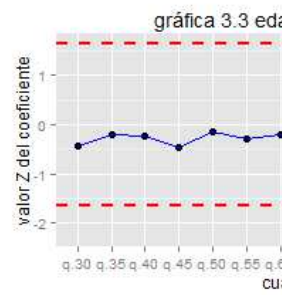
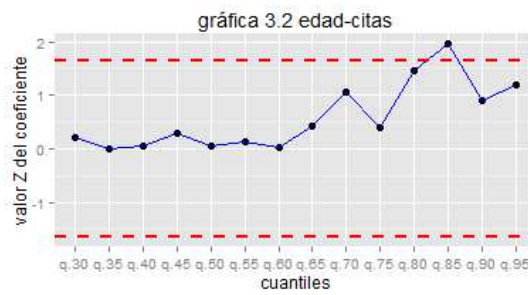


Fuente: Elaboración propia

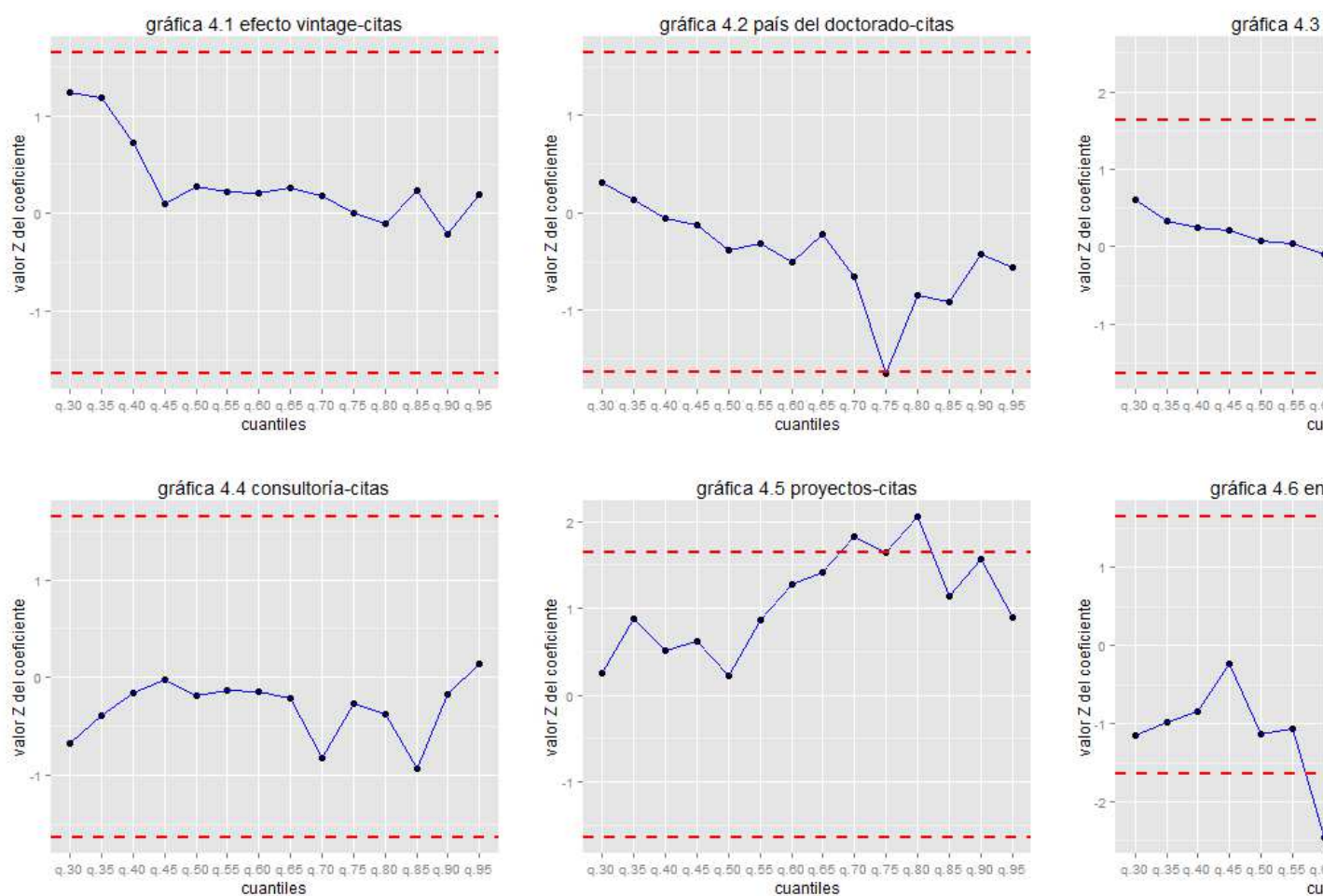
La trayectoria del valor Z de los coeficientes se muestra en color azul, mientras que las bandas de color rojo indican la significancia o no significancia estadística.

Gráfica 7.2. Estimación cuantílica para el número de artículos (valores Z de los coeficientes), co

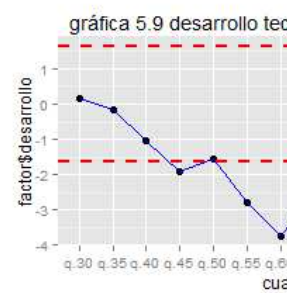
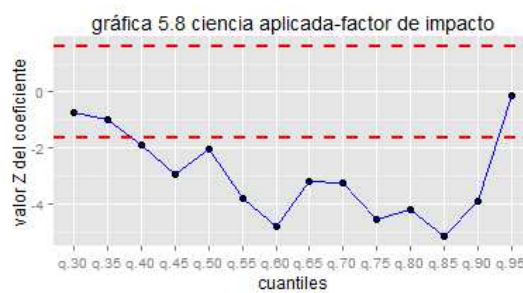
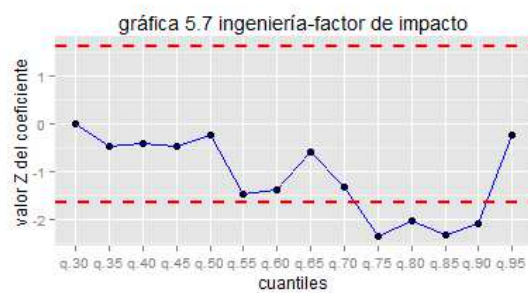
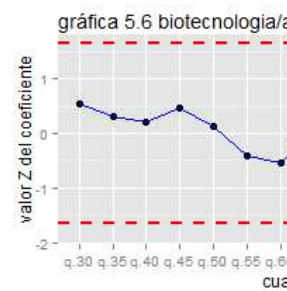
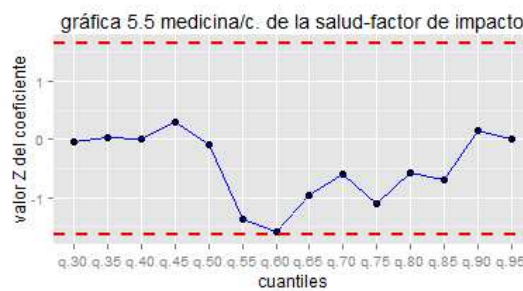
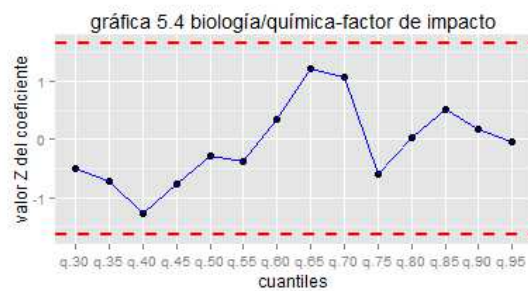
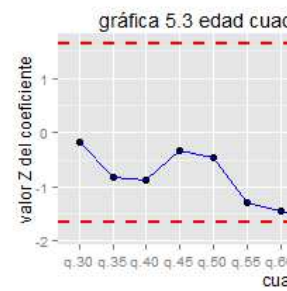
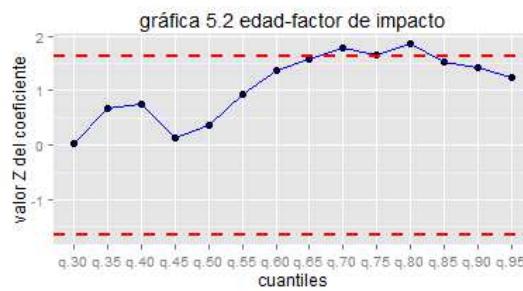
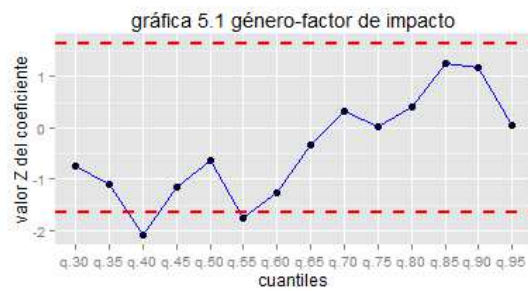
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 7.3 Estimación cuantílica para el número de citas (valores Z de los coeficientes)

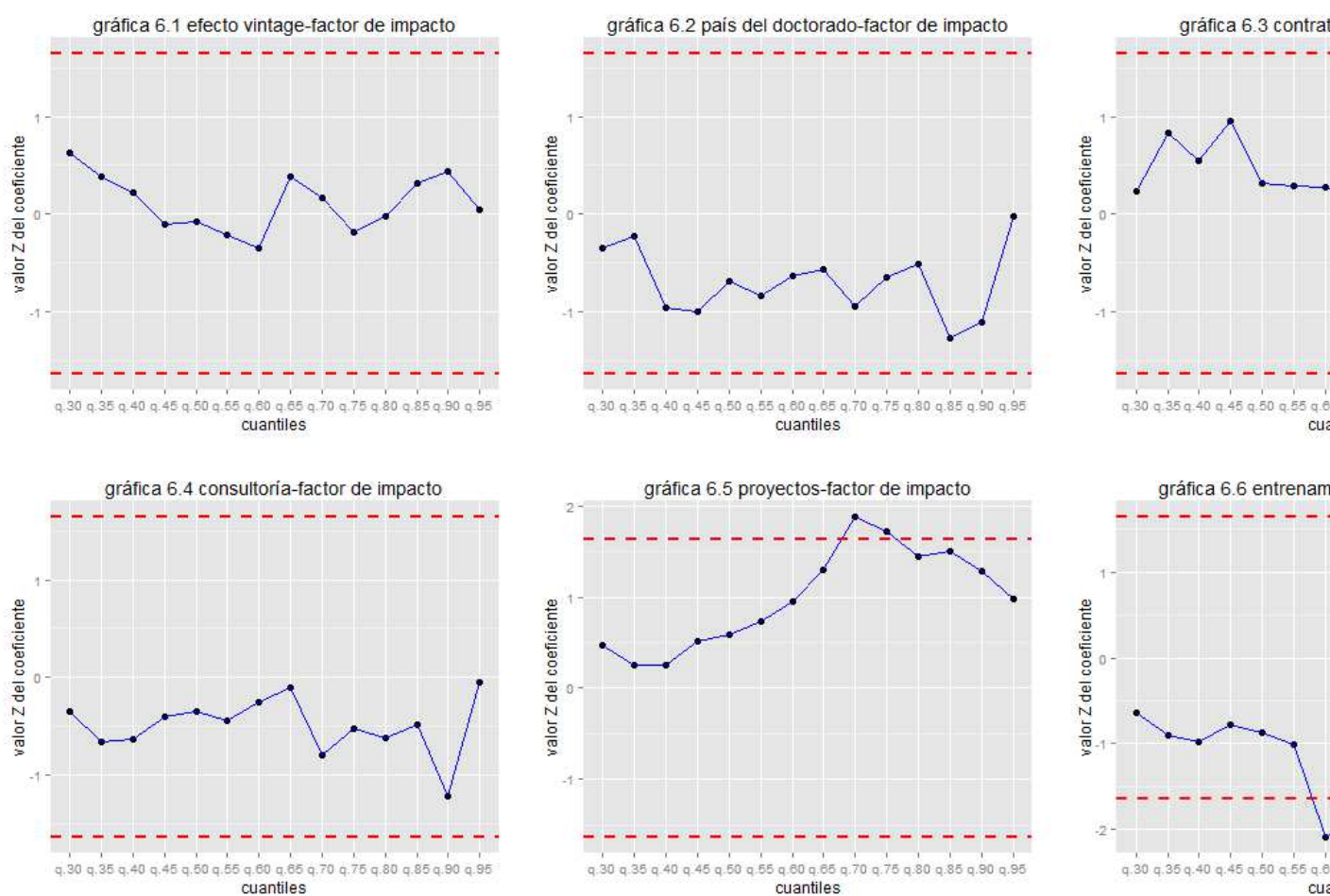
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 7. 4. Estimación cuantílica para el número de citas (valores Z de los coeficientes)

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 7.5. Estimación cuantílica para el factor de impacto (valores Z de los coeficientes)

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 7.6. Estimación cuantílica para el factor de impacto (valores Z de los coeficientes)

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 8: Conclusiones y reflexiones finales

La discusión del capítulo introductorio enfatiza la agenda pendiente de investigación respecto de la dinámica entre VUE y la productividad científica. Aunque la literatura previa ha logrado importantes avances aún quedan temas relevantes por examinar para mejorar la comprensión de esta interacción en el contexto del SNI. El argumento que dirige esta tesis es que esta relación no es directa ni lineal y que resulta necesario incorporar en el análisis la naturaleza particular de las modalidades de VUE.

Como se refiere en el primer capítulo, la posible existencia de un *trade-off* entre la VUE y la productividad científica es un aspecto esencial para entender el funcionamiento del SNI. Si existe un efecto *trade-off* entre la VUE y la productividad científica, el sistema de incentivos debería apuntar a controlar las actividades de transferencia de conocimiento desde las universidades hacia las empresas para obtener un equilibrio adecuado entre ellas. Por el contrario si esas actividades se complementan entre sí, entonces las políticas de innovación podrían estimular ambos procesos para generar un “círculo virtuoso” ciencia-innovación.

La finalidad de esta tesis es contribuir con el cuerpo de investigación sobre la VUE y la productividad científica mediante: el análisis de los determinantes, el impacto que tienen las modalidades tradicionales de la VUE sobre la productividad; la inclusión de la dirección de tesis y publicación de capítulos de libros; y la exploración sobre la heterogeneidad productiva de los investigadores académicos. El objetivo eje de este

trabajo es analizar la relación entre las diversas modalidades tradicionales de VUE y la productividad científica medida en términos del número de publicaciones científicas en revistas indexadas y su relevancia en el ámbito académico. Asimismo se apunta a extender el concepto de productividad científica mediante la incorporación de capítulos de libros y tesis dirigidas. El análisis se desarrolla para una muestra de investigadores académicos mexicanos.

Para el cumplimiento de este propósito, la tesis se dividió en cuatro objetivos particulares: *i)* Examinar los determinantes de la productividad científica a través de indicadores sobre cantidad de artículos científicos publicados así como de su relevancia, *ii)* Estudiar la relación entre diversas modalidades tradicionales de VUE y la productividad de los investigadores académicos en términos de cantidad y calidad de las publicaciones académicas; *iii)* Extender el análisis de la productividad científica a productos no incluidos en la literatura previa como son las tesis de doctorado dirigidas y los capítulos publicados en libros; y *iv)* Explorar la heterogeneidad que se presenta en la productividad científica individual de los investigadores académicos.

La aproximación metodológica incluyó análisis de encuestas y construcción de modelos econométricos tanto lineales generalizados como regresiones cuantílicas. Con base en los resultados empíricos obtenidos se discuten a continuación algunas conclusiones derivadas de esta investigación.

De acuerdo con los hallazgos de las estimaciones econométricas, la evidencia muestra que en general la productividad científica entre hombres y mujeres es muy similar ya que únicamente en el modelo que incluye las modalidades de VUE se encontró significancia moderada para el número de citas que favorece a los hombres. Para todos los demás indicadores de productividad empleados no se encontraron diferencias importantes. Sobre este tema, los estudios más añejos habían encontrado diferencias significativas que

favorecen a los varones. Sin embargo, la literatura más reciente no ha encontrado una divergencia notable en los niveles de productividad entre los dos géneros, por lo que la evidencia de esta tesis confirma esta hipótesis.

Para la edad se obtuvieron resultados consistentes en casi todos los modelos que muestran un efecto benéfico pero con rendimientos decrecientes lo cual concuerda con la evidencia empírica mostrada por estudios precedentes. Con excepción de la dirección de tesis de doctorado en todos los modelos restantes se verificaron resultados semejantes. El hallazgo sugiere que a pesar de que la muestra examinada sólo incluye investigadores afiliados al Sistema Nacional de Investigadores, la capacidad productiva del científico se va reduciendo de manera asintótica con la edad. Todos los estudios sobre productividad científica han corroborado estos resultados por lo que esta investigación confirma los hallazgos de la literatura previa.

Los resultados revelan un patrón heterogéneo en el desempeño productivo de los investigadores académicos de distintos campos de la ciencia. Un hallazgo interesante es que mientras que algunos campos son más productivos en términos de artículos publicados, otros se destacan por la calidad de los mismos en función del número de citas y el factor de impacto de las revistas donde publican. Así por ejemplo, biología y química publican menos artículos indexados pero el número de citas es mayor en contraste con física, matemáticas y ciencias de la tierra. Para biotecnología y agricultura se advierte que tienen menos publicaciones pero la cantidad de citas es muy similar a la que obtienen los investigadores de la categoría de comparación. Por el contrario el campo de la ingeniería tiene en promedio el mismo número de artículos pero una cantidad significativamente menor de citas *vis-a-vis* con física, matemáticas y ciencias de la tierra.

La heterogeneidad en la productividad científica por campos de la ciencia ya ha sido examinada en estudios previos (Kyvik, 1990; González-Brambila y Veloso 2007). La

evidencia de esta tesis refuerza esta hipótesis, pues los resultados empíricos muestran que el perfil productivo está configurado, en parte, por el área del conocimiento donde se desenvuelve el investigador académico. Empero, no se había analizado esa heterogeneidad por cuantil productivo en el que se encuentran los investigadores académicos, esta es una aportación de la tesis.

El resultado más sólido del análisis empírico es el obtenido con la actividad de investigación del académico. En todos los modelos econométricos se muestra una superioridad tanto en el número de artículos como en la relevancia de esas publicaciones de los científicos dedicados a la ciencia básica contrastados con los que se localizan en ciencia aplicada y desarrollo tecnológico. Esta variable ha sido poco analizada en el contexto de la productividad científica. Los hallazgos de esta tesis son consistentes con los estudios Perkmann y Walsh (2009) y de Rivera *et al* (2011), quienes obtuvieron resultados semejantes considerando como variable resultado la cantidad de publicaciones académicas.

Sin embargo, respecto a este resultado es pertinente hacer una acotación sobre el impacto de la VUE sobre la productividad científica. Al parecer la naturaleza del tipo de investigación que se realiza tiene un peso mayor sobre la productividad que el hecho de llevar a cabo actividades de VUE. Esta conclusión se obtiene al comparar el porcentaje de investigadores de ciencia básica que se vinculan (28%) con los porcentajes de ciencia aplicada (69%) y los de desarrollo tecnológico (80%). Es decir, a pesar de que las dos últimas mantienen actividades de VUE en mayor proporción, la productividad de ciencia básica siempre resulta más alta.

Considerando el efecto “*vintage*”, sólo en la estimación sobre los determinantes de la productividad se encontró que los académicos consolidados en su carrera publican ligeramente más artículos que sus colegas con menos experiencia. Sin embargo, para la

calidad de las publicaciones no se encontraron discrepancias entre los dos grupos de investigadores. En resumen la evidencia de esta investigación no ofrece soporte para la hipótesis del efecto “*vintage*”, la cual afirma “los últimos educados son los mejores educados”. Este hallazgo es consistente con la escasa literatura previa que ha incorporado esta variable en el análisis de la productividad científica. Levin y Stephan (1991) sólo encontraron diferencia significativa para un campo de la física (geología) de un total de cinco áreas examinadas.

Los académicos que obtuvieron el doctorado en el extranjero no varían en cuanto al número de artículos publicados o el factor de impacto de las revistas si se equiparan con los investigadores doctorados en México. Sin embargo en la estimación econométrica que incluye las variedades de VUE se encontró que los doctores nacionales tienen en promedio una cantidad menor de citas. Los hallazgos de esta tesis confirman con los obtenidos por González-Brambila y Veloso (2007) para una muestra de investigadores mexicanos afiliados al Sistema Nacional de Investigadores. Ellos encontraron que no existe una diferencia significativa en el nivel de productividad de acuerdo al tipo de doctorado del investigador. Empero, los resultados de otros estudios sí han mostrado discrepancias notables en el número y calidad de los artículos que favorece a las universidades de más prestigio a nivel internacional (Buchmueller, Dominitz y Lee Hansen, 1999; Turner y Mairesse, 2003). Cabe señalar que estos últimos análisis consideraron como variable explicativa el prestigio de la universidad donde se realiza el doctorado. En este contexto los resultados obtenidos en esta investigación son complementarios con la evidencia obtenida en estos estudios previos.

Para la variable VUE de forma genérica, se obtuvo un impacto positivo para los tres indicadores de productividad científica empleados en el análisis. De esta manera, los hallazgos empíricos de esta tesis se oponen al argumento del *trade-off* entre VUE y productividad científica. Sin embargo, este resultado se debe tomar con precaución ya que, como se documentó en el apartado 2.4.2, el debate relativo al impacto de las

actividades de VUE sobre la productividad científica sigue abierto debido a que algunos estudiosos de la innovación han presentado evidencia que contradice su efecto benéfico.

A diferencia de estudios previos, esta tesis incorpora cuatro modalidades tradicionales de VUE en el análisis de la productividad científica. Sólo el estudio de Perkmann y Walsh, (2009) examinaron tres modalidades de VUE pero usando como estrategia metodológica casos de estudio y estudiando una muestra de investigadores del área de ingeniería. Considerando la modalidad de VUE mediante consultoría los resultados sugieren que tiene una influencia negativa sobre los indicadores de productividad científica utilizados en el análisis. La explicación del hallazgo se puede encontrar en el flujo unidireccional del conocimiento en este tipo de tareas. Además, las actividades de consultoría implican normalmente problemas y aspectos técnicos que ofrecen poco beneficio intelectual al investigador. Aunque la literatura previa sobre esta modalidad de VUE es limitada, los resultados obtenidos en esta investigación son consistentes con los de Perkmann y Walsh (2009), quienes encontraron una relación similar entre las actividades de consultoría y el número de publicaciones académicas.

La modalidad de VUE mediante proyectos de investigación conjunta parece favorecer el desempeño productivo de los investigadores para los tres principales indicadores productivos usados en esta investigación. La evidencia sugiere que la interacción con los investigadores de las empresas permite un flujo de conocimiento bidireccional que incrementa el capital social del investigador y mejora su capacidad productiva. El efecto de las modalidades de VUE sobre la productividad científica ha sido poco analizado y sólo Perkmann y Walsh (2009) lo incluyeron en su estudio de caso. Ellos encontraron la misma relación entre las variables por lo que esta investigación confirma sus resultados.

Al parecer las modalidades de VUE por medio de investigación contratada no tienen un efecto significativo en ninguno de los parámetros de productividad empleados en este

estudio. El resultado puede ser consecuencia de la naturaleza del flujo de conocimiento en este tipo de vinculación. Además, estas modalidades de VUE provocan principalmente problemas de confidencialidad y de asimetría intelectual que pueden estar jugando un rol importante en la relación VUE y productividad científica. Este hallazgo refuerza la literatura previa pues Perkmann y Walsh (2009) quienes hallaron un impacto similar para una muestra de investigadores sólo del área de ingeniería.

Con respecto a la modalidad de VUE por entrenamiento los resultados de los modelos econométricos indican que no tiene una influencia significativa en ninguno de los parámetros de productividad científica analizados. El hallazgo puede ser explicado en términos del flujo unidireccional del conocimiento que se presente en este tipo de vinculación. Las actividades de entrenamiento se focalizan en el interés de las empresas de ampliar su base de conocimiento, lo que deja al investigador con pocos beneficios de tipo intelectual en esta interacción. Esta modalidad de VUE no ha sido incluida como variable explicativa en la literatura antecedente por lo que la investigación futura podría esclarecer su efecto sobre la productividad científica.

Es interesante notar que, a pesar de que no todas las modalidades de VUE alcanzan significancia estadística, dos ellas arrojaron estimadores con valor positivo (investigación conjunta y entrenamiento) en tanto que para las otras dos el coeficiente resultó negativo (consultoría y entrenamiento). Estos resultados muestran un efecto diversificado sobre la productividad científica del investigador, pero que se opone al argumento del *trade-off* entre VUE y productividad científica.

El análisis mediante regresiones cuantílicas reveló una gran heterogeneidad en el nivel de productividad de los académicos. La evidencia empírica muestra un efecto diversificado de las variables predictoras sobre los diferentes cuantiles de las variables resultado. Los hallazgos de los modelos cuantílicos sugieren que los cuantiles más bajos son menos

sensibles al efecto de las variables explicativas para todos los parámetros de productividad científica empleados en el análisis. Así, para el número de artículos, las variables comienzan a obtener significancia a partir del cuantil 0.50. En el caso de la cantidad de citas, es desde el cuantil 0.55 que las variables empiezan a tener efecto significativo. Para el factor de impacto sólo se inicia la significancia estadística a partir del cuantil 0.40. Estos hallazgos parecen indicar la existencia de un umbral en el nivel de productividad del investigador a partir de la cual las variables independientes comienzan a tener un efecto notable.

Los resultados empíricos de las regresiones cuantílicas ofrecen soporte a la hipótesis que sostiene que las discrepancias individuales en la productividad científica se deben a los factores institucionales y el sistema de incentivos. Esto porque se nota un efecto acumulación, donde a partir de cierto umbral, el investigador se vuelve más productivo, probablemente como una respuesta al sistema de incentivos.

Sobre este mismo tema, una aportación de esta tesis es la metodología econométrica aplicada para el análisis cuantílico de los datos de productividad científica. Sólo recientemente se ha comenzado a utilizar este tipo de estimaciones para datos contables (Machado y Santos Silva, 2005)¹⁴. La revisión de literatura permite afirmar que este es uno de los primeros estudios sobre VUE y productividad científica donde se aplican este tipo de regresiones.

Una implicación tentativa de política que se desprende de los resultados empíricos es que, a pesar de que los hallazgos obtenidos en la tesis no se pueden generalizar, en el caso de que estudios posteriores confirmen un efecto heterogéneo de las modalidades VUE sobre la productividad científica, el sistema de incentivos tendría que tomar en consideración

¹⁴ La primera forma de regresiones lineales documentada fue el método de mínimos cuadrados, el cual fue publicado por Legendre en 1805.

este factor en la evaluación de la productividad de los investigadores académicos. Este tópico es fundamental dado que los diseñadores de política se enfrentan al dilema de impulsar la productividad científica y al mismo tiempo vigorizar la capacidad de innovación de las empresas, sobre todo los PD. Sí se comprueba el efecto heterogéneo de las distintas modalidades tradicionales de VUE sobre la productividad científica, se podrían aplicar políticas que refuercen las modalidades que estimulan la generación de un “círculo virtuoso” ciencia-innovación.

Resulta obligado advertir sobre algunas limitaciones del análisis desarrollado en esta tesis. A continuación se refieren las más importantes.

Probablemente el inconveniente más serio en este trabajo es el tipo de muestra. Dado que no es una muestra totalmente aleatoria, los hallazgos no son generalizables a toda la población. En el examen de la productividad se incluyeron únicamente investigadores pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadores, que son la élite más productiva a nivel nacional. Por lo que la inferencia sólo sería aplicable a este subconjunto de la población total de investigadores académicos.

Otra debilidad del análisis tiene que ver con el sesgo cognitivo de los datos (Miller *et al*, 1997). Debido a que en la primera etapa de recolección de la información se emplea una encuesta, los datos tienen alguna probabilidad de estar referidos hacia opiniones personales más que a hechos empíricos. Este problema estaría centrado principalmente en las modalidades de VUE, ya que los índices de productividad se corroboraron en la base de SCOPUS, por lo que para estas variables no se tiene esa inconsistencia.

Finalmente, con el propósito de continuar con la agenda pendiente de investigación sobre VUE y productividad científica es indispensable emplear una muestra más grande y

variada que permita, en la medida de lo posible, generalizar los hallazgos empíricos. También es recomendable aplicar un estudio longitudinal que permitiría apreciar la dinámica en el tiempo entre la VUE y la productividad científica. Una última sugerencia sería construir una encuesta que permita disminuir el sesgo cognitivo de tal forma que los datos obtenidos se puedan confirmar mediante el cruce de información.

Bibliografía

- Adams, P., Fontana, y R., Malerba, F., (2013). The magnitude of innovation by demand in a sectoral system: The role of industrial users in semiconductors. *Research Policy* 42 (1), 1–14.
- Allison, P. D. y Stewart, J. A., (1974). Productivity Differences Among Scientists: Evidence for Accumulative Advantage. *American Sociological Review*, 39 (4), 596-606.
- Arza, V. y Vazquez, C., (2010). Interactions between public research organisations and industry in Argentina. *Science and Public Policy*, 37 (7), 499-511.
- Barney, J., (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of management*, 17 (1), 99-120.
- Baser, O. y Pema, E., (2004). Publications over the academic life-cycle: Evidence for academic economists. *Economics Bulletin*, 1 (1), 1-8.
- Bekkers, R. e I.M., Bodas Freitas, (2008). Analysing knowledge transfer channels between universities and industry: To what degree do sectors also matter? *Research Policy*, 37 (10), 1837-1853.
- Bekkers, R. e I.M. Bodas Freitas, (2010). Catalysts and barriers: Factors that affect the performance of university-industry collaborations. Artículos presentado en la *International Schumpeter Society Conference 2010 on Innovation, Organisation, Sustainability and Crises*, Aalborg, Junio 21-24.
- Belkhdja, O. y Landry, R., (2007). The Triple-Helix collaboration: Why do researchers collaborate with industry and the government? What are the factors that influence the perceived barriers? *Scientometrics*, 70 (2), 301-332.
- Belussi, F., Sammarra, A., Sedita, S.R., (2010). Learning at the boundaries in an “Open Regional Innovation System”: A focus on firms’ innovation strategies in the Emilia Romagna life science industry. *Research Policy* 39 (6), 710–721
- Boardman, P. C. y Corley, E. A., (2008). University research centers and the composition of research collaborations. *Research Policy*, 37 (5), 900-913.
- Boardman, P. C., (2009). Government centrality to university-industry interactions: University research centers and the industry involvement of academic researchers. *Research Policy*, 38 (10), 1505-1516.
- Boardman, P. C. y Ponomariov, B. L., (2009). University researchers working with private companies. *Technovation*, 29 (2), 142-153.
- Bozeman, B. y Corley, E., (2004). Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital. *Research Policy*, 33 (4), 599-616.

- Bozeman, B., Dietz, J. S. y Gaughan, M., (2001). Scientific and technical human capital: an alternative model for research evaluation. *International Journal of Technology Management*, 22 (7), 716-740.
- Breschi, S., Lissoni, F. y Montobbio, F., (2007). The scientific productivity of academic inventors: New evidence from Italian data. *Economics of Innovation and New Technology*, 16 (2), 101-101.
- Buchmueller, T. C., Dominitz, J. y L., Hansen, (1999). Graduate training and the early career productivity of Ph.D. economists. *Economics of Education Review*, 18 (1), 65-77.
- Buenstorf, G., (2009). Is commercialization good or bad for science? Individual-level evidence from the Max Planck Society. *Research Policy*, 38 (2), 281-292.
- Cade, B.S., Terrell J.W., y Schroeder RL. (1999). Estimating effects of limiting factors with regression quantiles. *Ecology* 80 (1), 311-23.
- Cameron, A.C., y P.K., Trivedi, (1998). Regression Analysis of Count Data. *Econometric Society Monographs No. 30*. Cambridge.
- Canto, D., Galende, J. y Gonzalez, I. S., (1999). A resource-based analysis of the factors determining a firm's R&D activities. *Research Policy*, 28 (8), 891-905.
- Carayol, N. y Matt, M., (2006). Individual and collective determinants of academic scientists' productivity. *Information Economics and Policy*, 18 (1), 55-72.
- Carlsson, B., Stankiewicz, R., (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics* 1 (2), 93-118.
- Casalet, M.R, y Casas R., (1998). *Un diagnóstico sobre la vinculación Universidad-Empresa*. CONACYT/ANUIES, México, D.F.
- Casas, R., (2001). *La formación de redes de conocimiento: una perspectiva regional desde México*. Anthropos Editorial.
- Chudnovsky, D., López, A., Rossi, M. A. y Ubfal, D., (2008). Money for Science? The Impact of Research Grants on Academic Output*. *Fiscal Studies*, 29 (1), 75-87.
- Cohen, W. M., Nelson, R. R. y Walsh, J. P., (2002). Links and Impacts: The Influence of Public Research on Industrial R&D. *Management Science*, 48 (1), 1-23.
- Cole, J. R., y S., Cole, (1973). *Social Stratification in Science*. Chicago University Press. Citado por Allison y Stewart, (1974). Productivity Differences Among Scientists: Evidence for Accumulative Advantage. *American Sociological Review*, Vol. 39 (4), 596-606.
- Cooke, P., Gomez Uranga, M., Etxebarria, G., (1997). Regional innovation systems: institutional and organisational dimensions. *Research Policy* 26 (4-5), 475-491.
- Crespi, G., D'este, P., Fontana, R. y Geuna, A., (2011). The impact of academic patenting on university research and its transfer. *Research Policy*, 40 (1), 55-68.
- Creswell, J.W., (2003). *Research design: qualitative and quantitative approaches*. SAGE Publications Inc.
- Czarnitzki, D., Glänzel, W. y Hussinger, K., (2009). Heterogeneity of patenting activity and its implications for scientific research. *Research Policy*, 38 (1), 26-34.
- Czarnitzki, D. y Toole, A. A., (2009). Is there a trade-off between academic research and faculty entrepreneurship? Evidence from U.S. NIH supported biomedical researchers. *Discussion Paper 09-022*, Centre for European Economic Research.
- D'este, P., Nesta, L. y Patel, P. (2005). Analysis of University-Industry Research Collaboration in the UK: Preliminary Results of a Survey of University

- Researchers. *Report for a project funded by EPSRC/ESRC (Analysis of University-Industry research collaboration in the UK, contract number P015616)*. SPRU Report.
- D'este, P. y Patel, P., (2007). University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry? *Research Policy*, 36 (9), 1295-1313.
- Dasgupta, P. y David, P. A., (1994). Toward a new economics of science. *Research Policy*, 23 (5), 487-521.
- Diamond, A. M., (1986). The Life-cycle Research Productivity of Mathematicians and Scientists. *Journal of Gerontology*, 41 (4), 520-525.
- Dietz, J. y Bozeman, B., (2005). Academic careers, patents, and productivity: industry experience as scientific and technical human capital. *Research Policy*, 34 (3), 349-367.
- De Fuentes, C. y Dutrénit, G., (2012). Best channels of academia-industry interaction for long-term benefit. *Research Policy*, Vol. 41 (9), 1666-1682.
- Dosi, G., Marengo, L., Pasquali, C., (2006). How much should society fuel the greed of innovators?: On the relations between appropriability, opportunities and rates of innovation. *Research Policy*, Special issue commemorating the 20th Anniversary of David Teece's article, "Profiting from Innovation", in *Research Policy* 35 (8), 1110-1121.
- Dutrénit, G., De Fuentes, C. y Torres, A., (2010). Channels of interaction between public research organisations and industry and their benefits: evidence from Mexico. *Science and Public Policy*, 37 (7), 513-526.
- Edquist, C., (1997). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, Routledge.
- Edquist, C. y Mckelvey, M. D., (2000). *Systems of Innovation: growth, competitiveness and employment*, Edward Elgar Pub.
- Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L., (1998). The endless transition: A 'triple helix' of university-industry-government relations. *Minerva*, 36 (3), 203-208.
- Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L., (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29 (2), 109-123.
- Fabrizio, K. R. and Di Minin, A., (2008). Commercializing the laboratory: Faculty patenting and the open science environment. *Research Policy*, 37 (5), 914-931.
- Faulkner, W. y Senker, J., (1994). Making sense of diversity: public-private sector research linkage in three technologies. *Research Policy*, 23 (6), 673-695.
- Florida, R., (1999). The Role of the University: Leveraging Talent. Not Technology, *Acticle Issues in Science and Technology*, 1-13.
- Florida, R. y W. M. Cohen (1999), Engine or infrastructure? The university role in economic development,' in L. M. Branscomb, F. Kodama and R. Florida (eds), *Industrializing Knowledge: University-industry Linkages in Japan and the United States*. MIT Press: Massachusetts, 589-610.
- Freeman, C., (1982/2004). Technological infrastructure and international competitiveness, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 13 (3), 541-569.
- Freeman, C., (1987). *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*, Pinter Publishers London.

- Galton, Francis (1889). *Natural Inheritance*, London, Macmillan.
- Garg, K. C. y Rao, M. K. D., (1988). Bibliometric analysis of scientific productivity: A case study of an Indian physics laboratory. *Scientometrics*, 13 (5-6), 261-269.
- Geuna, A. (2001), 'The changing rationale for European university research funding: are there negative unintended consequences?', *Journal of Economic Issues*, 35 (3), 607-632.
- Gibbons, M., Limoges, C. y Nowotny, H., (1997). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*, SAGE Publications Inc.
- Giuliani, E., Morrison, A., Pietrobelli, C. y Rabelotti, R., (2010). Who are the researchers that are collaborating with industry? An analysis of the wine sectors in Chile, South Africa and Italy. *Research Policy*, 39 (6), 748-761.
- Godin, B. (2006). On the origins of bibliometrics, *Scientometrics*, 68 (1), 109-133.
- Godin, B. (2007), From eugenics to scientometrics: Galton, Cattell, and men of science, *Social Studies of Science*, 37 (5), 691-728
- Gonzalez-Brambila, C. y Veloso, F. M., (2007). The determinants of research output and impact: A study of Mexican researchers. *Research Policy*, 36 (7), 1035-1051.
- Greene, W.H., (2002). *Econometric Analysis*, 5th ed. Prentice Hall.
- Hall, B.H., Link, A.N., y Scot, J.T., (2001). Barriers inhibiting industry from partnering with universities: evidence from the advanced technology program. *The Journal of Technology Transfer*, 26 (1), 87-98.
- Hall, B. H., Mairesse, J. y Turner, L., (2007). Identifying age, vintage, and period effects in scientific research productivity: Discussion and illustration using simulated and actual data on French physicists. *Economics of Innovation and New Technology*, 16 (2), 159-159.
- Hardin, J. W. y Hilbe, J. M., (2007). *Generalized Linear Models and Extensions*, Second Edition, Stata Press.
- Hausman, J., B.H. Hall y Z. Griliches, (1984). Econometric models for count data with an application to the patents-R&D relationship. *Econometrica*, Vol. 52, (4), 909-938.
- Hilbe, J.M. (1993). Generalized linear models. *Stata Technical Bulletin* 11: 20-28. Reimpreso en: *Stata Technical Bulletin Reprints*, Vol 2, 149-1159. College Station. TX: Stata Press.
- Jones, B. F., (2010). Age and great invention. *The Review of Economics and Statistics*, 92 (1), 1-14.
- Koenker R. y Bassett G. (1978). Regression quantiles. *Econometrica* 46: 33-50.
- Kyvik, S., (1990). Age and scientific productivity. Differences between fields of learning. *Higher Education*, 19 (1), 37-55.
- Landry, R., Amara, N. y Ouimet, M., (2007). Determinants of knowledge transfer: evidence from Canadian university researchers in natural sciences and engineering. *The Journal of Technology Transfer*, 32 (6), 561-592.
- Landry, R., Traore, N. y Godin, B., (1996). An econometric analysis of the effect of collaboration on academic research productivity. *Higher Education*, 32 (3), 283-301.
- Larsen, M. T., (2007). Too close for comfort? The effect of university-industry collaboration on the scientific performance of university professors. Paper

- presented at the *DRUID Summer Conference "Apropriability, proximity, routines and innovations"* Copenhagen, CBS, Denmark, June 18-20.
- Laursen, K. y Salter, A., (2004). Searching high and low: what types of firms use universities as a source of innovation? *Research Policy*, 33 (8), 1201-1215.
- Leahey, E., (2006). Gender differences in productivity: research specialization as a missing link. *Gender and Society*, Vol. 20 (6), 754-780.
- Lee, S. y Bozeman, B., (2005). The impact of research collaboration on scientific productivity. *Social Studies of Science*, 35 (5), 673-673.
- León, J. I., López, S. y G., Sandoval, (2009). Actividades de transferencia del conocimiento de los investigadores académicos en el estado de Sonora. *Revista de la educación superior*, 38 (151), 85-111.
- Levin, S. G. y Stephan, P. E., (1989). Age and research productivity of academic scientists. *Research in Higher Education*, 30 (5), 531-549.
- Levin, S. G. y Stephan, P. E., (1991). Research Productivity Over the Life Cycle: Evidence for Academic Scientists. *The American Economic Review*, 81 (1), 114-132.
- Lissoni, F., Mairesse, J., Montobbio, F. y Pezzoni, M., (2011). Scientific productivity and academic promotion: a study on French and Italian physicists. *Industrial and Corporate Change*, 20 (1), 253-294.
- List, F., (1997/1841). *Sistema nacional de economía política*, México, FCE.
- Long, J. S., (1992). Measures of Sex Differences in Scientific Productivity. *Social Forces*, 71 (1), 159-178.
- López, F. y Martin, C., (2008). Antecedents of corporate spin-offs in Spain: a resource-based approach. *Research Policy*, 37 (6-7), 1047-1056.
- Lotka, Alfred J. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Sciences* 16 (June 19): 317.
- Lowe, R. A. y Gonzalez-Brambila, C., (2007). Faculty Entrepreneurs and Research Productivity. *The Journal of Technology Transfer*, 32 (3), 173-194.
- Lundvall, B., (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*.
- Lundvall, B. A., (1988). Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. *Technical change and economic theory*, 369.
- Machado J, Santos Silva J (2005) Quantiles for counts. *Journal of the American Statistical Association* 100 (472), 1226–1237.
- Malerba, F., (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy* 31, 247–264.
- Mansfield, E., (1991). Academic research and industrial innovation. *Research Policy*, 20 (1), 1-12.
- Metcalf, S. (ed.) (1995). The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives, en P. Stoneman (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell Publishers, Oxford (UK)/Cambridge (US).
- Merton, R., (1968). The Matthew Effect in science. The reward and communication systems of science are considered. *Science* 159 (3810), 56-63.

- Meyer-Krahmer, F. y Schmoch, U., (1998). Science-based technologies: university-industry interactions in four fields. *Research Policy*, 27 (8), 835-851.
- Miller, C. C., L. B. Cardinal y W. H. Glick (1997). Retrospective reports in organizational research: a reexamination of recent evidence. *Academy of Management Journal*, 40(1), 189–204.
- Mincer, J., (1974). *Schooling, experience and earnings*. New York, Columbia University Press (for the National Bureau of Economic Research), citado por; Levin, S.G. y Stephan, P.E., (1991). Research Productivity Over the Life Cycle: Evidence for Academic Scientist. *The American Economic Review*, 81 (1), 114-132.
- Mosteller F y Tukey J.W., (1977). *Data analysis and regression*. New York: Addison-Wesley. Citado por Cade y Noon (2003). A gentle introduction to quantile regression for ecologists. *Front Ecological Environment* 2003, 1(8): 412–420
- Mowery, D. C., Oxley, J. E. y Silverman, B. S., (1998). Technological overlap and interfirm cooperation: implications for the resource-based view of the firm. *Research Policy*, 27 (5), 507-523.
- Mowery, D. C. y Sampat, B. N., (2005). Universities in national innovation systems. *The Oxford handbook of innovation*, 209-239..
- Nelder, J. A., y R. W. M. Wedderburn, (1972). Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A* 135: 370-384, citado por Hardin, W.J, y J.M., Hilbe (2007) en *Generalized Linear Models and Extensions*, Stata Press, Texas.
- Nelson, R. R. y Winter, S. G., (1982). *An evolutionary theory of economic change*, Belknap press.
- Nelson, R. R., (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford University Press, USA.
- Niosi, J., Saviotti, P., Bellon, B. y Crow, M., (1993). National systems of innovation: in search of a workable concept. *Technology in Society*, 15 (2), 207-227.
- OECD. 2005. *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd Edition* [Online].
- Patarapong, I. y Schiller, D., (2009). University-Industry Linkages in Thailand: Successes, Failures and Lessons Learned for other Developing Countries. *Seoul Journal of Economics*, 22 (41), 551-589.
- Patel, P. y Pavitt, K., (1994). The nature and economic importance of national innovation systems. *STI Review OECD Paris*, 3 (14), 9-32.
- Pavitt, K., (2001). Public Policies to Support Basic Research: What Can the Rest of the World Learn from US Theory and Practice? (And What They Should Not Learn). *Industrial and Corporate Change*, 10 (3) 761–779.
- Penrose, E. T. y Pitelis, C. N., (1959). *The Theory of the Growth of the Firm*, Oxford University Press Oxford.
- Perkmann, M. y Walsh, K., (2009). The two faces of collaboration: impacts of university-industry relations on public research. *Industrial and Corporate Change*, 18 (6), 1033-1065.
- Prahalad, C. K. y Hamel, G., (1990). The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, 275-292.

- Price, D. J. de Solla. (1963). *Little Science, Big Science*. New York: Columbia University Press. Citado por Allison y Stewart, (1974), Productivity Differences Among Scientists: Evidence for Accumulative Advantage. *American Sociological Review*, 39 (4), 596-606.
- Rivera, R., Dutrénit, G., Ekboir, J. M., Sampedro, J. L. y Vera-Cruz, A. O., (2011). Do linkages between commercial farmers and academic researchers influence researcher productivity? The Mexican case. *Research Policy*, 40 (7), 932-942.
- Salter, A. J. y Martin, B. R., (2001). The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review. *Research Policy*, 30 (3), 509-532.
- Santoro, M. D. y Chakrabarti, A. K., (2002). Firm size and technology centrality in industry-university interactions. *Research Policy*, 31 (7), 1163-1180.
- Sarantakos, S., (2005). *Social Research*. New York, Macmillan.
- Selltiz, C., Wrightman, L., y Cook, S. (1988). *Métodos de Investigación en las Relaciones Sociales*. RIALP, Madrid.
- Singh, K., (2006). *Quantitative Social Research Methods*. SAGE Publications Inc.
- Spelke, E.S., (2005). *Sex differences in intrinsic aptitude for mathematics and science?: a critical review*. *American Psychologist*, 60 (9), 950.
- Taylor, S.J., y Bogdan, R., (1992). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Paidós Ibérica Ediciones, Barcelona.
- Teece, D. y Pisano, G., (1994). The dynamic capabilities of firms: an introduction. *Industrial and Corporate Change*, 3 (3), 537-537.
- Terrell JW, Cade BS, Carpenter J, y Thompson JM. (1996). Modeling stream fish habitat imitations from wedged-shaped patterns of variation in standing stock. *Transactions of the American Fisheries Society*, 125 (1), 104-17.
- Tether, B. S. y Tajar, A., (2008). Beyond industry-university links: Sourcing knowledge for innovation from consultants, private research organisations and the public science-base. *Research Policy*, 37 (6-7), 1079-1095.
- Turner, L. y Mairesse, J., (2003). Individual productivity differences in scientific research: An econometric study of publications of French Physicists. Artículo presentado en el *Zvi Griliches Memorial Conference, Paris*, Agosto 2003.
- Ubfal, D. and Maffioli, A., (2011). The impact of funding on research collaboration: Evidence from a developing country. *Research Policy*, 40 (9), 1269-1279.
- Van Dierdonck, R., Debackere, K., Engelen, B., (1990). University-industry relationships: how does the Belgian academic community feel about it? *Research Policy* 19 (6), 551-566.
- Van Looy, B., Ranga, M., Callaert, J., Debackere, K., Zimmermann, E., (2004). Combining entrepreneurial and scientific performance in academia: towards a compounded and reciprocal Matthew-effect? *Research Policy*, 33 (3), 425-441.
- Van Rijnsoever, F. J. y Castaldi, C., (2008). Knowledge base, information search and intention to adopt innovation. *Innovation Studies Utrecht (ISU) working paper series*.
- Van Rijnsoever, F. J., Hessels, L. K. y Vandeberg, R. L. J., (2008). A resource-based view on the interactions of university researchers. *Research Policy*, 37 (8), 1255-1266.
- Winkelmann, R., (2010). *Econometric Analysis of Count Data*. Springer.

- Xie, Y., Shauman, K.A., (1998). Sex differences in research productivity: New evidence about an old puzzle. *American Sociological Review* 847–870.
- Yin, R.K., (2009). *Case Study Research: Design and methods*. SAGE Publications, Inc.
- Youtie, J. y Shapira, P., (2008). Building an innovation hub: A case study of the transformation of university roles in regional technological and economic development. *Research Policy*, 37 (8), 1188-1204.
- Zucker, L. G. y Darby, M. R., (2007). Virtuous circles in science and commerce. *Papers in Regional Science*, 86 (3), 445-470.

Anexo 5. Cuestionario aplicado a los investigadores académicos



Casa abierta al tiempo



CRDI

Centre de recherches pour le
développement international

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA-XOCHIMILCO

PROYECTO: ANÁLISIS DE LAS NUEVAS FORMAS DE VINCULACIÓN ACADEMIA-SECTOR PRODUCTIVO, 2008

Las Universidades y los Centros Públicos de Investigación (CPI) tienen el potencial de contribuir ampliamente al desarrollo de un país. En gran medida, dichas contribuciones se asocian a la interacción con el sector productivo y permiten el intercambio de conocimiento.

En este contexto, el presente cuestionario forma parte de un proyecto de investigación realizado por la UAM-X y financiado por el International Development Research Centre (IDRC). Este proyecto se está realizando simultáneamente en más de 10 países de América Latina, Asia y África. El proyecto tiene como finalidad responder a las siguientes preguntas:

- a) ¿Cuáles son los vínculos que existen hoy entre Universidades / CPI y el sector productivo?
- b) ¿Sobre qué bases se construyen?
- c) ¿Qué cambios podrían ser implementados en las Universidades / CPI para que el sector productivo pueda aprovechar mejor el potencial de dichas vinculaciones?

Dada la importancia de su organización, lo invitamos a participar en este proyecto llenando el cuestionario que se presenta a continuación. La información que presente se manejará de manera confidencial. En ninguna circunstancia se harán públicas sus respuestas.

Responsables del Proyecto:

Dra. Gabriela Dutrénit

Dra. Claudia De Fuentes

Dr. Juan Manuel Corona

Dr. René Rivera

Instrucciones:

1. El cuestionario se encuentra dirigido a los investigadores de la universidad / CPI, y deberá ser contestado con información referente a sus actividades realizadas.
2. Excepto cuando se especifique lo contrario, todas las preguntas incluidas en este cuestionario se refieren a la vinculación con empresas durante el año 2007.
3. Favor de marcar una sola opción cuando así se indique, de lo contrario complete el cuadro de opciones de respuesta.

I-CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL INVESTIGADOR

1. Nombre del investigador:

2. Género:

☐	Femenino
☐	Masculino

3. Año de nacimiento:

4. Máximo grado obtenido:

☐	Ph.D.	☐	Licenciatura
☐	Maestría	☐	Ingeniería

5. Universidad / Escuela donde obtuvo el último grado:

6. País de la institución donde obtuvo el último grado:

7. Año de la obtención del último grado:

8. Indique la disciplina del último grado:

9. Nombre de la institución de afiliación:

10. ¿Cómo clasifica su actividad de investigación?

☐

Orientada a la ciencia básica

☐

Orientada a la ciencia aplicada (Que puede tener una aplicación práctica)

☐

Orientada al desarrollo tecnológico (Con aplicación a la industria)

11. ¿Cuál es el principal rol que juega su institución?

☐

Formación de recursos humanos

☐

Generación de conocimientos

☐

Transferencia de conocimientos

☐

Solución de problemas sociales

☐

Creación de negocios

12. ¿Dónde trabajó antes de participar en su institución actual?

☐

Universidad

☐

Centro público de investigación (CPI)

☐

Centro privado de investigación

☐

Empresa grande (más de 251 empleados)

☐

Empresa mediana (51-250 empleados)

☐

Empresa micro o pequeña (menos de 50 empleados)

☐

Hospital

☐

Gobierno

☐

Fundación, ONG

☐ Organismo internacional

☐ Otro

Especifique: _____

II- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN

13. ¿Pertenece a un grupo de investigación?:

☐ Si

☐ No

Si su respuesta es No, favor de pasar a la pregunta 21

14. Nombre del grupo de investigación:

15. Año de fundación del grupo:

16. Área de conocimiento del grupo:

17. Indique el número de investigadores que integran el grupo en cada uno de los siguientes niveles

☐ Pos-Doc

☐ Ph.D

☐ Estudiantes de Ph.D

☐ Maestría

☐ Estudiantes de Maestría

☐ Licenciatura/Ingeniería

☐ Estudiantes de licenciatura/Ingeniería

☐ Técnicos

18. ¿Es usted el líder del grupo?

☐ Si

☐ No

19. ¿Participan investigadores de otras instituciones en su grupo de investigación?

☐

Si

☐

No

20. En caso afirmativo ¿A qué otras instituciones pertenecen los investigadores del grupo?

1.
2.
3.
4.

III- PRINCIPALES RESULTADOS DEL INVESTIGADOR EN LOS ULTIMOS 3 AÑOS

21. Número de patentes solicitadas

☐

En el país

☐

En el extranjero

22. Número de patentes otorgadas

☐

En el país

☐

En el extranjero

23. Software registrado

☐

En el país

☐

En el extranjero

24. Número de papers publicados en revistas ISI:

☐

IV- INTERACCIÓN CON EMPRESAS

25. ¿Ha mantenido algún tipo de colaboración con empresas en los últimos tres años?

☐

Si

☐

No

Si Contesto No, pase a la pregunta 35

26. ¿Con cuántas empresas mantiene una relación de colaboración actualmente?

27. Mencione las empresas con las cuales mantiene las relaciones de colaboración más importantes

Empresa			Tipo de Colaboración	Si/No	Periodo de colaboración (años)
Nombre	Sector	Ciudad/Estado			
1.-			I+D		
			Consultoría		
			Servicios Técnicos		
			Estancias de Estudiantes e Investigadores		
2.-			I+D		
			Consultoría		
			Servicios Técnicos		
			Estancias de Estudiantes e Investigadores		
3.-			I+D		
			Consultoría		
			Servicios Técnicos		
			Estancias de Estudiantes e Investigadores		
4.-			I+D		
			Consultoría		
			Servicios Técnicos		
			Estancias de Estudiantes e Investigadores		

28. ¿A qué problemas específicos responden generalmente las relaciones de colaboración que ha mantenido?

- ☐ Problema específico de la empresa
☐ Problema específico del sector
☐ Problema específico del grupo de investigación / institución de investigación
☐ Otro
- Especifique: _____

29. De la siguiente lista de tipos de colaboración con empresas, evalúe la importancia que ha tenido cada uno para su investigación. Distinga por tamaño de empresa.

(0) Sin colaboración (1) Sin importancia (2) Moderadamente importantes (3) Importantes (4) Muy importantes

Tipo de Colaboración	Tamaño	
	PyME	Grande
	(0-4)	(0-4)
1. Pruebas de cumplimiento de estándares o actividades de certificación de la calidad		
2. Evaluaciones técnicas, estudios de factibilidad, administración de proyectos		
3. Servicios de ingeniería		
4. Consultoría		
5. Cursos de capacitación técnicos		
6. Cursos de capacitación organizacionales		
7. Adecuación de planes de estudio a las necesidades de las empresas		
8. Estancias de estudiantes dentro de las empresas		
9. Estancias de investigadores dentro de las empresas		
10. Transferencia de tecnología (por contratos o proyectos conjuntos, licenciamiento, servicios técnicos)		
11. Proyectos de I+D conjuntos, con resultados de corto plazo		
12. Proyectos de I+D conjuntos, con resultados de largo plazo		
13. Proyectos de I+D complementarios a las actividades innovativas de las empresas por contrato		
14. Proyectos de I+D sustitutos a las actividades innovativas de las empresas por contrato		
15. Intercambio de información		
16. Uso de equipos / laboratorios / plantas piloto dentro de las empresas		
17. Permiten el acceso de las empresas a laboratorios / plantas piloto de su institución		
18. Otros		
Especifique:		

30. Del siguiente listado indique cuales son los principales resultados de los proyectos de colaboración que ha mantenido con las empresas y evalúe la importancia para sus actividades de investigación

(0) Sin resultados (1) Sin importancia (2) Moderadamente importantes (3) Importantes (4) Muy importantes

Principales resultados	Importancia (0-4)
1. Nuevos proyectos de investigación	
2. Nuevos productos y artefactos	
3. Nuevos procesos industriales	
4. Mejora de productos industriales	
5. Mejora de procesos industriales	
6. Formación de estudiantes y recursos humanos	
6.1. Licenciatura	
6.2. Maestría	
6.3. Ph.D	
7. Tesis y disertaciones	
8. Nuevos descubrimientos científicos	
9. Publicaciones	
10. Patentes	
11. Diseños	
12. Software	
13. <i>Spin-offs</i> (proyecto, negocio o empresa nacidos de un proyecto anterior)	
14. <i>Start-ups</i> (nueva empresa con grandes posibilidades de crecimiento)	
15. Otros	
Especifique:	

31. De la siguiente lista de beneficios de la colaboración con las empresas, señale la importancia de cada uno para sus actividades de investigación.

(0) Sin beneficios (1) Sin importancia (2) Moderadamente importantes (3) Importantes (4) Muy importantes

Beneficios	Importancia (0-4)
1. Ideas para desarrollar nuevos proyectos de colaboración	
2. Nuevos proyectos de investigación	
3. Intercambio de conocimiento e información	
4. Compartir equipos e instrumentos	
5. Insumos para la investigación	
6. Recursos financieros	
7. Nuevas redes de vinculación	
8. Reputación	
9. Nuevas metodologías administrativas / organizacionales	
10. Entrenamiento dentro de las instalaciones de las empresas	
11. Movilidad de los investigadores hacia las empresas	
12. Oportunidades de empleo para los estudiantes	
13. Otros	
Especifique:	

32. Del listado anterior, ¿Cuál ha sido el beneficio más grande para sus actividades de investigación?

--

33. ¿En general quién ha tenido la iniciativa para establecer la colaboración con las empresas?

- ☐ Usted
- ☐ El grupo de investigación
- ☐ El productor agropecuario/empresa
- ☐ Ambos (iniciativa compartida)
- ☐ Oficina de vinculación de su institución
- ☐ Iniciativa de un ex investigador
- ☐ Graduados de la universidad / CPI que son empleados por la empresa
- ☐ Una empresa spin-off creada por investigadores de la universidad / CPI
- ☐ Otro

Especifique:

34. En caso de haber sido la empresa, ¿Cómo llegó hasta usted?

- ☐ Publicaciones
- ☐ Medios electrónicos
- ☐ Recomendación de otra empresa
- ☐ Congresos y seminarios
- ☐ Patentes de usted o de su grupo de investigación
- ☐ Asociaciones empresariales
- ☐ Oficina de vinculación de su institución
- ☐ Ex alumnos
- ☐ CONACYT
- ☐ Otro

Especifique:

35. Con base en su experiencia, evalúe los principales obstáculos que ha enfrentado para establecer vínculos de colaboración con las empresas.

(1) Sin importancia (2) Moderadamente importantes (3) Importantes (4) Muy importantes	
Principales obstáculos	Importancia (1-4)
1. Burocracia por parte de la empresa	
2. Burocracia por parte de la universidad / CPI	
3. Burocracia por parte de la entidad financiadora	
4. Falta de incentivos económicos a los investigadores para establecer colaboraciones	
5. Costos de la investigación	
6. Diferencia de prioridades, puntos de vista y objetivos	
7. Derechos de propiedad intelectual. Diferencia con respecto a la apropiación de resultados	
8. Distancia geográfica	
9. Diferencias en cuanto a los plazos de la investigación	
10. Las empresas no conocen las actividades realizadas en la universidad / CPI	
11. La universidad / CPI no conoce las necesidades de las empresas	
12. Falta de personal calificado en la universidad / CPI para establecer un diálogo con las empresas	
13. Falta de personal calificado en las empresas para establecer un diálogo con la universidad / CPI	
14. La universidad / CPI considera poco apropiado utilizar su conocimiento para fines privados	
15. Problemas de confiabilidad	
16. Otro	
Especifique:	

36. Del listado anterior, ¿Cuál ha sido el principal obstáculo al que se ha enfrentado?

--

37. Indique la importancia de los siguientes canales para la transferencia de conocimiento de su Institución hacia las empresas.

(0) No se ha utilizado (1) Sin importancia (2) Moderadamente importantes (3) Importantes (4) Muy importantes

Canales	Importancia (0-4)
1. Conferencias públicas	
2. Reuniones entre investigadores y emprendedores	
3. Contratación de recién graduados	
4. Contratos de investigación	
5. Consultoría individual/Asistencia técnica	
6 <i>Spin-off</i> de la universidad / CPI	
7. Establecimiento de redes con empresas	
8. Incubadoras de nuevos negocios	
9. Interacción derivada de las publicaciones	
10. Intercambio temporal de profesionales	
11. Licenciamiento de tecnologías	
12. Parques científicos y tecnológicos	
13. Patentes usadas por empresas	
14. Proyectos cooperativos de investigación	
15. Entrenamiento de personal	
16. Medios electrónicos	
17. Folletos técnicos	
18. Intercambio informal de información	
19. Otro	
Especifique:	

38. ¿Del listado anterior cuál considera que es el canal más importante?

--

39. Indique el número de proyectos que actualmente son financiados por otras instituciones

	Instituciones nacionales
	Instituciones extranjeras

40. En general, ¿Quién financia sus proyectos de investigación y que porcentaje representa?

☐	La propia universidad / CPI
☐	La empresa
☐	Angel capital (Ángeles de inversión para capital de riesgo)
☐	Agencias nacionales de financiamiento público (CONACYT, Secretaría de Economía, etc.)
☐	Fundaciones nacionales de financiamiento privado
☐	Agencias internacionales de financiamiento (BID, IDRC, Comunidad Europea, etc.)

V – COMPORTAMIENTO DE LOS INVESTIGADORES Y RECOMPENSAS

Probablemente las preguntas de esta sección sean intrusivas, ya que están relacionadas con compensaciones personales. Sin embargo, son cruciales para entender los beneficios que obtienen los investigadores y para diseñar esquemas innovativos para promover los vínculos con el sector privado. Lo invitamos a responder las preguntas de manera abierta.

Le recordamos que la información que provea en este cuestionario es completamente

41. ¿Su institución recibe algún beneficio económico como resultado de la colaboración?

- ☐ Si
☐ No

42. ¿Recibe usted alguna compensación monetaria ofrecida expresamente debido a la colaboración con el sector privado?

- ☐ Si
☐ No

En caso de que su respuesta sea No vaya a la pregunta 45

43. ¿Es un incremento en el ingreso permanente o transitorio?

- ☐ Permanente

☐	Transitorio
☐	Ambos

Nota:

Permanente = e.g. incrementos en el salario, promociones en la carrera con incrementos de salario, ingresos derivados del licenciamiento de patentes o de su explotación por una empresa.

Transitorio = e.g. bonos, premios, cuotas de licenciamiento o similares obtenidas

44. ¿Qué porcentaje de su ingreso anual representa esta cantidad?:

45. De la siguiente lista de beneficios personales, señale qué tan importante es cada uno de estos para usted.

(1) Sin importancia (2) Moderadamente importantes (3) Importantes (4) Muy importantes

Beneficios personales	Importancia (1-4)
1. Beneficios monetarios	
2. Promociones en la carrera y oportunidades para nuevos / mejores trabajos	
3. Prestigio / reputación	
4. Mejora del desempeño de su institución	
5. Satisfacción de mostrar que la ciencia es útil para la solución de problemas	
6. Beneficios en términos de las condiciones de trabajo: equipo, infraestructura	
7. Recursos humanos	
8. Otros	
Especifique:	