



Deusto Business School
Programa de Doctorado en
Competitividad Empresarial y Desarrollo Económico

Heterogeneidad en la innovación:
Un fenómeno intra e interindustrial

Florentino Malaver Rodríguez

Tesis bajo la dirección de

Dr.M.Davide Parrilli

Dr. Jon Mikel Zabala

Marzo de 2017

Agradecimientos

*Para Abelito –cuya partida fue solo física– y Olquita,
que soñaron con el final de este viaje;
Para Juliana, Connie y Diana, que nunca dudaron en que llegar era posible;
Para M. Davide Parrilli, a Jon Mikel Zabala, por sus críticas y orientaciones;
y a todas las personas que antes, durante y después del viaje
me apoyaron y apoyarán con sus enseñanzas.*

Índice

Introducción.....	1
1 Revisión de la literatura e hipótesis.....	21
1.1. Antecedentes analíticos: de la mirada parcial a la aproximación conjunta a la heterogeneidad inter e intraindustrial	21
1.1.1. La controversia sobre las fuentes meso – micro de los beneficios de las firmas	21
1.1.2. Del análisis parcial al análisis conjunto meso - micro de la heterogeneidad en la innovación	24
1.1.3. La contribución conjunta meso – micro a la heterogeneidad innovativa en un contexto de bajo desarrollo tecnológico	29
1.2. La teoría evolutiva de la innovación: una perspectiva meso sobre la heterogeneidad tecnológica y el desempeño innovador de las firmas	33
1.2.1. Los regímenes tecnológicos y la heterogeneidad innovativa en la IByC.....	33
1.2.2. La taxonomía de Pavitt y la heterogeneidad innovativa	40
1.2.3. Los regímenes de demanda y la heterogeneidad innovativa.....	44
1.3. Características de las firmas como fuentes de heterogeneidad innovativa.....	48
1.3.1. Los recursos, capacidades e innovación en los marcos evolutivos y de la RBV	48
1.3.2. Los recursos como fuente de heterogeneidad innovativa	53
1.3.3. Capacidades de innovación como fuente de heterogeneidad innovativa.....	58
1.4. La interacción entre los niveles meso – micro y la heterogeneidad innovativa	68
2. Metodología	74
2.1. Estrategia metodológica.....	74
2.2. Fuentes de información.....	77
2.3. Variables y métodos para el análisis	81
2.4. Técnicas econométricas utilizadas	86
2.5. Especificación de los Modelos (sucesivos)	87
2.5.1. Fuentes micro y meso de la heterogeneidad innovativa de las firmas (Modelo nulo)	88
2.5.2. Las características (específicas) de las industrias como fuentes de heterogeneidad (Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 2).....	89
2.5.3. Las características (específicas) de las firmas como fuentes de heterogeneidad (Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 1).....	91

2.5.4. La interacción entre los niveles meso – micro y la heterogeneidad innovativa (Modelo con intercepto y pendiente aleatorios; modelo con variables moderadoras)	92
3. Resultados	96
3.1. Modelo “nulo”	97
3.2. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 2 –meso–	100
3.3. Análisis de la heterogeneidad micro	106
3.3.1. Análisis descriptivo de la heterogeneidad micro	107
3.3.2. Análisis econométrico: Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 1	117
3.4. Interacción meso – micro: modelo con intercepto y pendiente aleatorios (<i>casos: I+D; maquinaria y equipo; ingeniería; diseño</i>)	123
3.4.1. Caso I+D	123
3.4.2. Casos: maquinaria y equipo, ingeniería y diseño	128
4. Discusión e implicaciones	131
4.1. Fuentes (agregadas) meso y micro de la heterogeneidad innovativa	131
4.2. Características (específicas) de las industrias como fuentes de heterogeneidad innovativa	134
4.3. Características (específicas) de las firmas como fuentes de la heterogeneidad innovativa	141
4.4. La interacción de los niveles micro y meso como fuente de heterogeneidad innovativa	153
Conclusiones	163
Bibliografía	171
Anexos	183

Índice de Figuras

Figura 2.1. Distribución de las empresas por tamaño	80
Figura 2.2. Distribución de las empresas por sector	81
Figura 3.1. Residuales para las industrias (nivel 2)	100
Figura 3.2. Innovatividad de las firmas –según frecuencia de la innovación–	113
Figura 3.3. Innovatividad de las firmas –según alcance de la innovación–	114

Figura 3.4. Innovatividad de las firmas –según alcance y originalidad–	116
Figura 3.5. Efecto de la I+D sobre el desempeño según el sector industrial	127

Índice de Tablas

Tabla 2.1a. Definición de variables e indicadores para el nivel meso	82
Tabla 2.1b. Estadísticas descriptivas para variables meso	83
Tabla 2.2a. Definición de variables e indicadores para el nivel micro	84
Tabla 2.2b. Estadísticas descriptivas	85
Tabla 3.1. Modelo nulo (sin variables explicativas)	98
Tabla 3.2. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 2 asociadas al régimen tecnológico – oportunidad, apropiabilidad y acumulatividad–.....	101
Tabla 3.3. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 2 asociadas al régimen tecnológico – taxonomía de Pavitt–.....	103
Tabla 3.4. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 2 asociadas al régimen de demanda	104
Tabla 3.5. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 2 asociadas a los regímenes tecnológico y de demanda	106
Tabla 3.6. Heterogeneidad de las firmas y desempeño innovador.....	107
Tabla 3.7. Heterogeneidad de las firmas y desempeño innovador (según Kruskal Wallis).....	110
Tabla 3.8. Heterogeneidad entre las firmas que innovan con y sin I+D.....	111
Tabla 3.9. Heterogeneidad entre las firmas que innovan con y sin I+D (según Mann Whitney).....	112
Tabla 3.10. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 1	118
Tabla 3.11. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 1	120
Tabla 3.12. Efectos marginales de las variables de nivel 1	121
Tabla 3.13. Modelo con intercepto y pendiente aleatorios (para el caso de la I+D).....	125
Tabla 1.A. Modelo para el caso de la maquinaria y equipo.....	184
Tabla 1.B. Modelo con intercepto y pendiente aleatorios (para el caso de ingeniería).....	186
Tabla 1.C. Modelo con intercepto y pendiente aleatorios (para el caso del diseño)	188

Introducción

Este estudio aborda la problemática relacionada con la heterogeneidad en la innovación; en particular, con las fuentes específicas de esta al nivel de las firmas –micro– e industrias –meso– y su contribución a la variación en el desempeño innovador de las firmas. Para ello acude a la *Resource Based View* –RBV– en el ámbito del *management* y a la teoría evolutiva¹ en el terreno de la economía, debido a que en ambas la heterogeneidad es central para explicar la innovación y la competitividad. El interés del estudio es avanzar hacia una visión más comprensiva de la heterogeneidad, mediante el análisis conjunto de las contribuciones de los niveles micro y meso a ella. Sin embargo, esto ha sido problemático en las perspectivas analíticas en las que se apoya.

La RBV ha insistido en que al interior de las industrias predomina una profunda y persistente heterogeneidad –intraindustrial– (Hoopes, Madsen y Walker, 2003), originada en recursos específicos (e idiosincráticos) de las firmas, que las diferencian, que generan diferentes desempeños y que sustentan las ventajas competitivas (Wernerfelt, 1984; Barney, 1991 y 2001; Peteraf, 1993). Por ello, se autodefine como una teoría de la heterogeneidad competitiva (Hoopes et al., 2003). Pero la RBV no extiende sus planteamientos al nivel de las industrias, por lo que su análisis es parcial y no capta las diferencias interindustriales que pueden ser fuente de heterogeneidad.

En la teoría evolutiva, pese a que la heterogeneidad y el carácter sistémico de la innovación han estado en el centro de sus planteamientos, el análisis conjunto de los dos niveles también ha sido problemático. Los autores centrales, desde sus trabajos seminales

¹ En adelante se usará el término teoría evolutiva, como equivalente de evolucionista o evolucionaria.

han insistido en que las firmas construyen características –rutinas y capacidades– que las diferencian, y que leen el entorno y definen estrategias distintas (Nelson y Winter, 1982; Winter, 1984; Nelson, 1991), esto es, que son heterogéneas (Fagerberg, Mowery y Nitgtingale, 2012). Sin embargo, en el desarrollo del pensamiento evolutivo ganó mucho espacio la literatura que ha enfatizado en la heterogeneidad sectorial –interindustrial– de la innovación (Patel y Pavitt, 1997), expresada al nivel teórico en los regímenes tecnológicos –y en las taxonomías industriales derivadas de ellos– (Dosi, 1982; Malerba y Orsenigo, 1993; Pavitt, 1984). Además, los regímenes generan condiciones y exigencias que, por ser compartidas por las firmas que actúan en su interior, inducen a que innoven de manera semejante (Patel y Pavitt, 1997; Malerba y Orsenigo, 1996; Malerba y Mani, 2009). Desde luego, existe espacio para las diferencias innovativas entre las firmas pero esto ocurre dentro de márgenes definidos por los regímenes. (Dosi y Nelson, 2010)

Desde su origen, el marco evolutivo ha reconocido las heterogeneidades tanto micro como meso, y ha permitido articularlas teórica y empíricamente, sin embargo, en gran parte de su evolución predominó la visión en la que las principales diferencias en las características y maneras de innovar de las firmas provienen del régimen tecnológico en el que actúan. Así, la heterogeneidad es básicamente de origen interindustrial. Adicionalmente, al interior de cada régimen, este induce a la homogenización innovativa de las firmas (Fagerberg et al., 2012; Malerba y Orsenigo, 1996). Esto significa que, en buena medida, la heterogeneidad micro –de las firmas– está subsumida a la lógica y dinámica meso –de los regímenes tecnológicos–.

Trabajos recientes han mostrado esfuerzos significativos para superar esta situación. Esos trabajos, de carácter exploratorio y empírico, comenzaron a analizar, de manera conjunta,

la contribución de firmas e industrias a las variaciones en los desempeños innovadores de las firmas (Leiponen y Drejer, 2007, Srholec y Verspagen, 2012). Para ello han acudido a modelos jerárquicos o multinivel, que a diferencia de las técnicas econométricas existentes, permiten captar la contribución de esas fuentes (anidadas) a la variabilidad total de la innovación (Snijders y Bosker, 2012). Sus resultados confirman que los estudios de un solo nivel captan solo de manera parcial la heterogeneidad de la innovación y que, en este sentido, los análisis conjuntos –multinivel– son superiores, pues identifican la proporción en que cada nivel contribuye a ella. Lo más significativo de esos resultados es mostrar que la heterogeneidad micro contribuye en mayor grado que la meso a las asimetrías en el desempeño innovador. (Srholec y Verspagen, 2012; Srholec, 2011 y 2015; Clausen, 2013)

El trabajo que aquí se presenta constituye un esfuerzo por avanzar en la dirección abierta por esos estudios pioneros. El punto de partida es señalar la *noción de heterogeneidad* que lo guía², en principio ésta se nutre de la RBV (Hoopes et al., 2003), al considerar que la heterogeneidad se presenta cuando empresas que elaboran productos semejantes, esto es, que compiten en la misma industria (Porter, 1980), tienen distintas características y desempeños variados. Así, en este caso la heterogeneidad intraindustrial. Esta visión de

² En el ámbito de los estudios organizacionales, la vertiente evolutiva de la ecología de poblaciones, formulada por Hannan y Freeman (1977), también se pregunta por qué en un mismo nicho –entorno– en el que compiten por sobrevivir un conjunto de organizaciones, existe una amplia variedad de las mismas. Y desarrollan argumentos en los que hay coincidencias y convergencias con los de vertiente evolutiva formulada por Nelson y Winter (1977; 1982), que aquí se sigue. Por ejemplo, allí se plantea que los cambios y discontinuidades –introducidos por las innovaciones disruptivas– producen mutaciones estructurales que cambian las condiciones y exigencias del entorno para las organizaciones, produciéndose un proceso de selección en el que sobreviven las más hábiles para adaptarse y coevolucionar con esos cambios, sobre la base de nuevas capacidades para competir (Hannan y Carroll, 1995; Aldrich, 1999). Señalan además, que la heterogeneidad es mayor en entornos más dinámicos. Pero estas perspectivas no han dialogado (Hodgson y Lamberg, 2015). La perspectiva de Nelson y Winter (1982) está enfocada en la heterogeneidad en la innovación en los niveles meso y micro y esto facilita su articulación; aquí se asume esta perspectiva.

la heterogeneidad micro también está presente en el planteamiento evolutivo cuando señala que esas diferencias entre las firmas se originan en recursos, rutinas y capacidades específicas –ideosincráticas–, construidas a lo largo de su historia –son *path dependent*–; y que estas influyen en lecturas diferentes de la información del entorno, y reacciones y estrategias distintas y, en consecuencia, en la obtención de desempeños variados. (Nelson y Winter, 1982 y 2002; Winter, 1984, 2006 y 2012; Nelson, 1991 y 2008)

En consecuencia, tanto en la RBV como en la perspectiva micro de la teoría evolutiva, las diferencias entre las firmas explican la heterogeneidad intraindustrial. Sin embargo, esa aproximación es incompleta porque las firmas están imbuidas en un entorno tecnológico y de mercado que incide en su heterogeneidad, es decir, las industrias –y regímenes– tienen diferencias que inciden, a su vez, en las características de la innovación y en los desempeños innovadores de las firmas. Aunque, como se señaló, en ello ha insistido la teoría evolutiva (Nelson y Winter, 1982 y 2002; Dosi, 1982; Malerba y Orsenigo, 1993; Pavitt, 1984; Patel y Pavitt, 1997), esa contribución a la heterogeneidad innovativa de las firmas solo puede dimensionarse mediante análisis conjuntos –de los dos niveles–. Así lo indican los resultados de los primeros estudios que lo han intentado y que coinciden en que la heterogeneidad micro tiene mayor incidencia que la meso en el desempeño innovador de las firmas. (Leiponen y Drejer, 2007; Srholec y Verspagen, 2012; Clausen, 2013)

Vista de esa manera la heterogeneidad aportada por los dos niveles es complementaria. Sin embargo, existe una tercera fuente de heterogeneidad: la que resulta de la interacción entre los dos niveles, esto es, que al interior de las distintas industrias se expresan los efectos del entorno tecnológico y de mercado –régimen– sobre las firmas, pero de manera

diferenciada en función de sus características (recursos, capacidades, intencionalidad estratégica, mercados que atienden, etc.). Así la interacción entre las fuentes específicas de heterogeneidad micro –como las distintas actividades de innovación– y las industrias incide de manera diferenciada en las variaciones en los desempeños innovadores de las firmas.

En razón de lo expuesto, aquí se considera que hay heterogeneidad cuando firmas que actúan en la misma industria tienen características diferentes que generan variados desempeños innovadores. Se considera además, que esa heterogeneidad es producida por factores de la firma, del entorno –industria– y de su interacción.

Esta tesis profundiza en la indagación conjunta por las fuentes de la heterogeneidad así entendida, con el propósito de ir más allá de los resultados de los trabajos mencionados. En esa dirección el autor que ha estudiado de manera sistemática y progresiva el tema es Srholec, quien se ha centrado en el análisis de la contribución de firmas y regiones a la heterogeneidad (Srholec, 2010), y de firmas y países (Srholec, 2011; 2015). Pero en sus modelos el nivel industrial (sectorial) solo es incorporado como una variable de control.

Esto significa que en la literatura no se ha ahondado de manera sistemática en la indagación conjunta por las *fuentes específicas* de heterogeneidad al nivel de firmas, de las industrias y, menos, de su interacción. Además, en esa literatura se alude a los marcos evolutivo y de la RBV pero no se articulan en la interpretación de los resultados. Al interior de la teoría evolutiva, tampoco se han articulado las explicaciones de la heterogeneidad meso –regímenes– y micro –firmas– para hacer una interpretación conjunta de las fuentes y contribuciones específicas a la heterogeneidad identificada al nivel empírico; es decir, no se ha evaluado qué tan fácil resulta la articulación de los dos

niveles para explicar dicha heterogeneidad, en otros términos, no se ha indagado por su consistencia teórica.

A lo anterior debe adicionarse que los estudios mencionados solo cubren los países desarrollados. Por lo tanto, a la necesidad de mayor profundización en la indagación por las fuentes específicas –multinivel– de heterogeneidad, se agrega la necesidad de extenderla a otros contextos tecnológicos. De entrada, esto plantea importantes dificultades pues en el contexto donde se originaron tales estudios las industrias son *technology driven*, esto es, son industrias donde la innovación es el principal motor de la competencia y de su evolución. Por lo tanto, es en ellas donde aplican las nociones de regímenes tecnológicos, para dar cuenta de la innovación, como lo señalan los autores centrales de la teoría evolutiva (Nelson y Winter, 2002; Dosi y Nelson, 2010). Para otros contextos, es decir, para esos que no son *technology driven*, en el sentido señalado, como la industria de Bogotá y Cundinamarca –IByC³, estudiada en esta tesis, el vacío de conocimiento sobre la heterogeneidad y sus fuentes multinivel es casi total.

Los rasgos que caracterizan a la IByC son los que priman en un contexto de bajo desarrollo tecnológico, como el de la industria latinoamericana. Esto es, un contexto donde el cambio tecnológico es básicamente exógeno e incorporado en los bienes de capital importados (Jaramillo, Lugones y Salazar, 2000), y donde la difusión de esas tecnologías desarrolladas en el centro y la innovación se entrelazan y confunden con una innovación incremental y adaptativa –a las condiciones del entorno– (Dini, Rovira y Stumpo, 2014); donde la estructura industrial está concentrada en sectores de baja y

³ La región de Bogotá y Cundinamarca está habita por 10,7 millones de habitantes, que representan el 22% de la población nacional; en ella se generó en 2015, el 30.3% del PIB colombiano, y en su industria –IByC– el 29,7% del total nacional.

media intensidad tecnológica; y donde desde mediados de la década de 1980 esa estructura ha tendido a concentrarse en los sectores menos dinámicos desde el punto de vista tecnológico, como procesamiento de recursos naturales –*commodities*– y la maquila, es decir, en bienes con poco valor agregado y poco propicios para el desarrollo de aprendizajes y capacidades tecnológicas (Katz y Stumpo, 2001; Mortimore y Peres, 2001; Cepal, 2007; Arocena y Sutz, 2003); y donde no hay *catching up*, en términos del promedio industrial. (Cepal, 2007)

En ese contexto los procesos de innovación al nivel de las firmas son informales, episódicos y asistemáticos; predominan actividades de innovación distintas a la I+D (diseño, ingeniería, adquisición de tecnología incorporada al capital); es preponderante la obtención de innovaciones incrementales y de carácter adaptativo; son bajas las capacidades de vínculo con los actores del ámbito científico y tecnológico para innovar; los esfuerzos para innovar son muy bajos –expresados como proporción del gasto en actividades de innovación sobre las ventas–; y la innovación y la tecnología tienen un papel funcional y poco estratégico para las firmas. (Vargas et al., 2003; Malaver y Vargas, 2004, 2006 y 2011; Calderón, Álvarez y Naranjo, 2009)

En razón de todo lo anterior este estudio se pregunta ¿cuáles son los factores específicos que al nivel de las industrias y de las firmas constituyen las principales fuentes de heterogeneidad en la innovación de las firmas? ¿En qué medida la interacción de estos factores meso –industrial– y micro –firma– contribuye a dicha heterogeneidad? A partir de la respuesta a esas preguntas, ¿qué rasgos caracterizan a la heterogeneidad de la innovación en un contexto de bajo desarrollo tecnológico –como es el caso de la IByC–? en particular, dado que los planteamientos de los estudios de la heterogeneidad y de los

marcos analíticos aquí utilizados fueron pensados, desarrollados y han sido aplicados en el contexto de los países desarrollados, esto es, de industrias *technology driven* ¿en qué grado explican dicha heterogeneidad en un contexto de menor desarrollo tecnológico, como el de la IByC? En particular ¿qué revelan esas evidencias sobre la capacidad de las teorías evolutiva y la RBV para explicar el fenómeno de la heterogeneidad innovativa?

Avanzar en la respuesta a esos interrogantes, sería de gran utilidad por cuanto:

- i) La evidencia aportada por los estudios mencionados, que abordan la heterogeneidad de manera conjunta, muestran que análisis de un solo nivel –micro o meso– tienen una mirada parcial de un fenómeno que es sistémico, y esto conduce a sesgos y errores en la interpretación de la heterogeneidad, las asimetrías y la dinámica de la innovación.
- ii) En el ámbito empírico, lo anterior se traduce en carencia de información fundamental para los procesos estratégicos y de toma de decisiones. En efecto, a semejanza de lo que acontece en el campo del *management*, los diagnósticos reclaman información tanto del entorno –la industria– como de la firma, y considerarlos simultáneamente para la toma de decisiones estratégicas (Hitt, Beamish, Jackson y Mathieu, 2007). Igual acontece en el ámbito de la innovación. Pero, por lo visto, en este caso, los vacíos de información son la regla.

En la esfera de las políticas de innovación, obviar la heterogeneidad proveniente de los dos niveles conduce a las llamadas políticas “unitalla”, transversales, que son proclives a incrementar las brechas tecnológicas y fracturas tecnológicas, como se ha criticado en el ámbito europeo y latinoamericano (OECD, 2010; Dini y Stumpo, 2011; Malaver y Vargas, 2013). Por lo tanto, profundizar en la comprensión de este

fenómeno contribuiría al fortalecimiento de las políticas públicas y empresariales de innovación.

En ese sentido, caracterizar la heterogeneidad de la innovación, de sus fuentes específicas y de su impacto en las diferencias en el desempeño innovador de las firmas e industrias ayudará a entender mejor las fuentes del dinamismo tecnológico e innovador en la IByC.

- iii) En un ámbito más general, la nueva evidencia que aportará el estudio ayudará a llenar un vacío que empieza a delinearse con alguna claridad. Este comienza a configurarse por la evidencia generada por los pocos estudios multinivel efectuados en los países desarrollados que apunta a señalar que, contra lo planteado por la teoría evolutiva, que asigna a los regímenes tecnológicos el papel preponderante en materia de heterogeneidad innovativa, la contribución de las firmas es mucho mayor. Si esto se confirma en contextos distintos –no *technology driven*, como la IByC– el desajuste entre la teoría y la realidad se revelaría aun mayor y, por consiguiente, también la necesidad de nuevos desarrollos teóricos. (Kuhn, 1962; Popper, 1983)
- iv) El carácter todavía exploratorio de los estudios que indagan de manera simultánea por la heterogeneidad provocada por los dos niveles –meso y micro– concuerda con el carácter apreciativo de la teoría evolutiva en que reiteran sus autores centrales (Nelson, 1995 y 2012; Nelson y Winter, 2002), señala que todavía se requiere de mucha investigación. El nivel de avance del conocimiento sobre tema indica que todavía hay espacio para identificar regularidades empíricas y elaborar interpretaciones que den cuenta de la heterogeneidad, primero a un nivel descriptivo – interpretativo, para pasar luego a un nivel más abstracto –lógico– de explicación

teórica. Por lo tanto, en el estado de desarrollo de estas indagaciones –conjuntas–, aportar evidencias e interpretaciones coherentes, que articulen o integren los planteamientos evolutivos constituirán una contribución significativa.

En esa dirección, en este trabajo se elaborará una interpretación de la realidad estudiada (la IByC), en la que no solo se intentará articular los planteamientos formulados por el marco evolutivo en los dos niveles, sino que a partir de ese ejercicio se intenta establecer en qué medida convergen en favor de dicha interpretación en un contexto no *technology driven*.

El **objetivo general** del estudio es caracterizar la heterogeneidad innovativa de las firmas industriales en un contexto de bajo desarrollo tecnológico –como el de la IByC aquí estudiado–, a partir de la identificación de las fuentes específicas micro y meso de heterogeneidad, así como de su interacción, y de su contribución a las variaciones en el desempeño innovador de las firmas.

Para alcanzar el objetivo general se definieron los siguientes **objetivos específicos**:

1. *Identificar la contribución agregada de las firmas e industrias a las variaciones (heterogeneidad) en el desempeño innovador de las firmas*, es decir, estimar la contribución de cada nivel sin hacerse explícitos los factores o fuentes específicas responsables de la heterogeneidad en cada nivel.

Su finalidad es *validar los hallazgos de los estudios evolutivos y del management efectuados en países desarrollados sobre la contribución relativa de estos niveles a la innovación, en un contexto de bajo desarrollo tecnológico, como la IByC, y si en consecuencia se está en presencia de un hecho estilizado*. Si es así, ello significa que las firmas constituyen la principal fuente de heterogeneidad innovativa y que, en

consecuencia, esa realidad requiere de nuevos desarrollos teóricos pues en la teoría evolutiva esta se hallaría en los regímenes tecnológicos –el entorno tecnológico–.

Los objetivos que a continuación se definen no solo permiten alcanzar el objetivo general propuesto sino que permiten precisar los alcances del trabajo. Además de exponer los objetivos se señala en qué sentido permitirán avanzar frente a la literatura que ha abordado la heterogeneidad, incluida aquella que aborda los dos niveles –meso y micro– de manera conjunta y simultánea. Esos objetivos y avances son los siguientes:

2. *Ahondar en la comprensión de la contribución del contexto –tecnológico e industrial– a las variaciones –heterogeneidad– en el desempeño innovador de las firmas.* Con ese fin se indaga por los factores o fuentes específicas de heterogeneidad a dicho nivel –meso–, de la siguiente manera:
 - i. Para identificarlos y evaluar su contribución se acude a variables e indicadores derivados de las nociones de regímenes tecnológicos (Nelson y Winter, 1982, 2002; Malerba y Orsenigo, 1996; Breschi, Malerba y Orsenigo, 2000) y de la taxonomía de Pavitt (1984), asociada a ellos. Hacer esto para la IByC significa *validar la aplicabilidad de esos planteamientos en un contexto tecnológico distinto al que les dio origen.* Cabe advertir que de esa validación, desde la perspectiva multinivel de la heterogeneidad, no hay registro en la literatura internacional.
 - ii. La mirada a la heterogeneidad hecha desde esa perspectiva, de la oferta, es proclive al determinismo tecnológico (Nelson, 2008). En particular, cuando desde ella se plantea que en el curso de las trayectorias tecnológicas por las que evolucionan los regímenes tecnológicos, la demanda actúa como un mecanismo

de selección del mercado, es decir, como una fuerza que impulsa hacia la homogeneización de la innovación (Dosi y Nelson, 2010; Malerba, 2002). Por tal razón, un objetivo específico de este trabajo es *estimar el papel de la demanda como una fuente industrial –meso– de heterogeneidad*. Para ello se acude a la noción de regímenes de demanda (Capone, Malerba y Orsenigo, 2013). El logro de ese objetivo significaría avanzar en la literatura que evalúa la heterogeneidad mediante modelos jerárquicos o multinivel.

La aplicación y evaluación conjunta de la contribución de los regímenes tecnológicos y de demanda a la heterogeneidad de la innovación tiene un propósito adicional: posibilitar una visión más comprensiva y, sobre todo, más estratégica de la incidencia del entorno –industrial y tecnológico– en el desempeño innovador de las firmas.

3. *Identificar las características (recursos y capacidades) de las firmas que constituyen las principales fuentes de heterogeneidad y su incidencia en las variaciones en el desempeño innovador.* Para ello:
 - i. Se articulan los marcos evolutivo y de la RBV, con el fin de *establecer la contribución de los recursos –humanos y tecnológicos– a la heterogeneidad innovativa de la firma*. Esa articulación permite interpretar la contribución en el marco de las capacidades organizacionales para innovar en que están inmersos dichos recursos, enriqueciéndola.
 - ii. Se diferencian formas de innovar que coexisten al interior de las industrias, acudiendo a las nociones de rutinas y de capacidades (Nelson y Winter, 1982;

Becker, 2005; Becker y Zirpoli, 2009; Pentland, Haerem y Hillison, 2011). Esto posibilita *caracterizar la heterogeneidad intraindustrial proveniente de dos fuentes: las formas de innovar y las características específicas de las firmas que actúan al interior de cada una de ellas.*

4. *Establecer los efectos del entorno industrial –estar en una u otra industria– sobre la incidencia de las principales fuentes micro específicas de heterogeneidad innovativa.*

Frente a la literatura esto posibilita avanzar en dos direcciones: por una parte, en la identificación de la contribución de las interacciones jerárquicas entre los niveles industrial y de las firmas a la heterogeneidad; por otra, en la explotación del potencial que ofrece la técnica multinivel de validar el supuesto implícito –usual en los análisis hechos a un solo nivel– de considerar que la incidencia de cualquier variable –independiente– de la firma sobre su desempeño innovador es fijo, a través de todas las industrias. En consecuencia, se establecerá si el entorno incide en el efecto de estas variables individuales sobre la heterogeneidad; si, por ejemplo, el efecto de hacer o no I+D es igual en cualquier industria, o si la industria importa.

Para alcanzar los objetivos propuestos, la **estrategia metodológica** fue la siguiente:

En concordancia con la naturaleza del análisis requerido para validar las hipótesis formuladas y la estructura jerárquica –anidada– de los datos, requerida para ello, se utilizó la técnica econométrica multinivel, que permite analizar de manera conjunta las fuentes específicas de heterogeneidad a cada nivel. Además, se aprovechó la posibilidad que ofrece esta herramienta para indagar por las interacciones entre los dos niveles, y de esta forma, establecer la incidencia del nivel meso sobre las principales variables del nivel

micro. Ejercicio que va más allá de los registrados hasta la fecha en la literatura sobre la heterogeneidad innovativa y que, en consecuencia, constituye un aporte. Además, se acudió a los modelos logit ordenados, que permiten captar –mediante variables categóricas– la variación en el desempeño innovador de las firmas originada en las fuentes –meso y micro– de heterogeneidad.

Se utilizó la información de la Segunda Encuesta de Innovación en la Industria de Bogotá y Cundinamarca –EIByC II– aplicada por la Cámara de Comercio de Bogotá y la Pontificia Universidad Javeriana en el año 2010 a una muestra aleatoria estratificada de 568 empresas manufactureras. Las ventajas de esta base de datos es que es representativa de las 2.924 existentes en la IByC en 2009; es comparable con la *Community Innovation Survey* –CIS 8– y tiene preguntas adicionales que intentan captar especificidades de la innovación en la IByC; indaga por características económicas de las firmas que posibilitan hacer análisis estratégicos de la innovación.

Al final de la indagación y de los análisis efectuados se destacan los siguientes **hallazgos y aportes** del trabajo:

1. Se confirma que a semejanza de los hallazgos de los estudios del *management* –sobre la heterogeneidad competitiva y de los beneficios subsecuentes– y de la innovación, aplicados para los países desarrollados, en un contexto distinto –la IByC–: (i) el análisis conjunto de las fuentes meso y micro de la heterogeneidad innovativa supera los análisis –parciales– de un solo nivel, pues ambos niveles se complementan y articulan en la explicación de la heterogeneidad, y (ii) la contribución de las firmas a la heterogeneidad de la innovación también es sustancialmente mayor. Esta validación constituye un aporte debido a que confirma que *estamos en presencia de*

un hecho estilizado que reclama explicación, pues la literatura sobre la innovación ha dado más peso al papel del nivel meso: regímenes e industrias.

2. *Al nivel meso* el estudio muestra que en contextos donde la competencia y evolución de sus industrias no es *technology driven* –como la IByC– los regímenes tecnológicos tiene poca capacidad para captar las fuentes meso de la heterogeneidad del desempeño innovador de las firmas. Esta situación difiere de su vigencia para los países desarrollados, validada en distintos estudios (Archibugi, 2001; von Tunzelman, Malerba, Nightingale y Metcalfe, 2008). Esto pone de manifiesto la necesidad de desarrollos teóricos que permitan dar cuenta de este fenómeno en contextos industriales que no son *technology driven*. Si esto no sucede, los planteamientos evolutivos tendrían una aplicabilidad limitada a industrias de países desarrollados.

Los resultados también *confirman que la heterogeneidad de la demanda* –originada en las diferencias en las características de los consumidores– *constituye una importante fuente industrial de variación en la innovación*. Por ello, aquí también se requieren desarrollos teóricos que permitan ofrecer a la teoría evolutiva un marco analítico que posibilite alcanzar una visión comprensiva, no determinista, de la influencia del entorno industrial en la heterogeneidad de la innovación. Esto es por demás relevante, en contextos como el de la IByC, dado el papel fundamental –identificado– de la demanda como fuente y destino de las innovaciones.

3. *Al nivel micro* la articulación teórica efectuada permitió captar la complementariedad e interdependencia entre recursos –analizados desde la RBV– y capacidades –analizadas desde la teoría evolutiva–. Muestra, en efecto, que las capacidades de innovación potencian o constriñen –como sucede en la IByC– el despliegue y desarrollo de los recursos y de su incidencia en los desempeños innovadores. De ese modo, *el bajo desarrollo de las capacidades de innovación contribuye a entender por qué es poco significativa la contribución de los recursos –humanos– a la innovación*. Esto constituye un aporte a la literatura sobre la heterogeneidad de la innovación.

Los resultados también muestran que acudir a las *nociones de rutinas y capacidades* –de la teoría evolutiva– para caracterizar la heterogeneidad de las firmas y su incidencia en las variaciones en los desempeños innovadores permite:

- i) Diferenciar formas de innovar distintas –con y sin I+D–, que coexisten al interior de las industrias y que son fuente de una heterogeneidad que es alta y que es persistente; esto, porque las características de la I+D que la *convierten en una capacidad para innovar* eleva la innovatividad de las firmas que la aplican y que en la IByC la convierten en la principal fuente de heterogeneidad innovativa; por el contrario, una menor innovatividad derivada de la informalidad predominante caracteriza a las firmas que innovan sin I+D. Esa heterogeneidad entre los dos grupos crece cuando aumenta la innovatividad.
- ii) Establecer cómo en cada uno de los grupos de firmas que se configuran de acuerdo con sus formas de innovar, también existe heterogeneidad entre las

firmas, y entender por qué también en este caso es persistente. Aquí la heterogeneidad intragrupo crece cuando aumenta la innovatividad de las firmas.

Todo lo anterior posibilita una rica caracterización de la heterogeneidad intraindustrial. *Esa caracterización permite construir una interpretación sobre el por qué la heterogeneidad de las firmas es profusa, persistente y acotada*, incluso en el grupo de firmas que innovan a través de la I+D. Esa heterogeneidad crece cuando aumenta la innovatividad, pero tiene un techo muy bajo, por la informalidad y la poca investigación que caracteriza a la I+D. Por eso, el desempeño innovador fluctúa en un rango muy bajo de novedad. Esta caracterización es la primera que se hace sobre el tema en América Latina. Además, al estar basada en conceptos y categorías teóricas articuladas en un marco comprensivo, esa interpretación sería aplicable a contextos similares al de la IByC que, por lo demás, predominan en los países y regiones de menor desarrollo tecnológico e innovativo.

4. Con respecto a *la interacción entre los niveles meso y micro, los resultados arrojan evidencia contundente acerca de los significativos efectos cambiantes del entorno industrial sobre las fuentes –variables específicas– micro con mayor incidencia en el desempeño innovador*. Esto significa que el entorno –interindustrial– incide en la heterogeneidad micro –intraindustrial–, pero no homogeneizando como se desprende de los regímenes, sino como una fuente primordial de heterogeneidad. Heterogeneidad que depende, también, de diferencias entre las firmas, debidas a sus fuentes específicas de heterogeneidad. Esa heterogeneidad genera patrones distintos e incluso opuestos. Este ejercicio de evaluación de la interacción, efectuado por

primera vez en la literatura sobre la heterogeneidad, incluso la multinivel, y que pone en juego la visión específica de heterogeneidad aquí asumida, encarna una contribución a la literatura. Lo más importante de ella es que señala que, incluso en estos contextos, la heterogeneidad también aumenta en las industrias con mayores desempeños innovadores.

5. Dos *implicaciones teóricas emergentes* derivadas de los ejercicios anteriores, son:

i) Una, se deriva de identificar e ilustrar la necesidad de avances en la teoría evolutiva para dar cuenta de las características de la innovación en los contextos industriales que no son *technology driven* tanto a los niveles meso como micro. En el primer caso, la lejanía frente a las fuerzas y actores de la ciencia y la tecnología que impulsan las trayectorias por las que avanzan los regímenes tecnológicos, limitan su capacidad para explicar la dinámica de la innovación, como ocurre para el caso de la IByC. En el segundo, la informalidad predominante en los procesos de innovación, limita a un pequeño núcleo de firmas que desarrollan rutinas y capacidades para innovar, la aplicación de estos conceptos que son centrales de la teoría evolutiva para explicar la innovación. Esto significa, que en los dos niveles, las nociones centrales evolutivas, captan muy poco de la realidad innovativa. Así emerge un notable vacío analítico.

ii) Otra, emana de la *identificación de fracturas en los planteamientos evolutivos* para alcanzar una explicación conjunta y consistente de la contribución de los niveles industrial y de la firma a la heterogeneidad en la innovación, así:

La explicación de la innovación a partir de las rutinas y las capacidades al nivel micro, concuerda, complementa y refuerza con la ofrecida –al nivel meso– por el

régimen tecnológico denominado Mark II, que es impulsado por un núcleo “*core*” de firmas incumbentes que han acumulado las mayores capacidades de innovación y, con base en ellas, tienen ventajas frente a los entrantes para aprovechar las oportunidades que ofrece el entorno –característico del régimen–, y además se lucran de los altos niveles de apropiabilidad de sus esfuerzos innovativos. Allí hay total consistencia entre los planteamientos a los dos niveles.

Por el contrario, en el régimen Mark I, donde firmas entrantes con pocas trayectorias y capacidades acumuladas tienen altas oportunidades de éxito y lideran el avance del régimen, allí la explicación de esta dinámica meso no puede apoyarse en la explicación de la innovatividad dada al nivel de las firmas, pues está basada en la acumulación previa de capacidades de innovación, de las que dichas firmas carecen. Aquí la inconsistencia aparece de bulto y, por lo tanto, la necesidad de desarrollos teóricos, que permitan una interacción más productiva entre los dos niveles de análisis.

En síntesis, el estudio (i) confirma que industrias y firmas contribuyen a la heterogeneidad de la innovación, pero es mucho mayor la de estas últimas, incluso en un contexto de bajo desarrollo tecnológico y que, en consecuencia, estamos en presencia de un hecho estilizado que, dado el mayor peso que la teoría evolutiva atribuye a lo meso, pone de manifiesto un protuberante desajuste entre teoría y realidad. (ii) Apoyándose en la RBV y la teoría evolutiva identifica las principales fuentes micro y meso de la heterogeneidad, así como de su interacción; con base en ello elabora una interpretación comprensiva del fenómeno de la heterogeneidad innovativa en un contexto no *technology driven* que, desde esta perspectiva no registra antecedentes en la literatura existente. (iii) Si bien el

ejercicio permite mostrar la riqueza de la teoría evolutiva, también ilustra sus vacíos y limitaciones para explicar la heterogeneidad de la innovación en contextos similares a los de la IByC. (iv) Un resultado no esperado del estudio consiste en vislumbrar que la teoría evolutiva también tiene limitaciones para articular una explicación conjunta de la heterogeneidad y dinámica de la innovación, a partir de sus nociones centrales para los análisis al nivel meso –regímenes tecnológicos– y al nivel micro –rutinas y capacidades–; es decir que también faltan desarrollos para explicar la heterogeneidad en algunas industrias *technology driven*, de los países desarrollados.

El documento se estructura de la siguiente manera: en el primer capítulo se efectúa una revisión funcional de la literatura y se formulan las hipótesis que guían el trabajo; en el segundo capítulo se presentan la metodología y la especificación del modelo que permite validar empíricamente las hipótesis; en el tercero se exponen los resultados, y en el cuarto se discuten los hallazgos a la luz de la revisión de la literatura efectuada en el primer capítulo y se intenta hacer explícitas tanto las contribuciones como las implicaciones del trabajo. El trabajo de tesis cierra con la sección de conclusiones.

1 Revisión de la literatura e hipótesis

En este capítulo se presenta la revisión de la literatura con la que dialoga la Tesis para formular las hipótesis que guían la indagación empírica y la discusión teórica de los hallazgos del trabajo. Para ello, primero se presentan los antecedentes que, primero en el management y luego en el ámbito de la innovación, generaron los conocimientos a partir de los cuales hoy avanza la discusión sobre la heterogeneidad de la innovación. Luego, se presentan las revisiones que sirven de base para plantear los argumentos en los que se sustentan las hipótesis que aquí se formulan sobre las contribuciones meso, micro y de su interacción a la heterogeneidad de la innovación y su incidencia en las variaciones en el desempeño innovador.

1.1. Antecedentes analíticos: de la mirada parcial a la aproximación conjunta a la heterogeneidad inter e intraindustrial

1.1.1. La controversia sobre las fuentes meso – micro de los beneficios de las firmas

La evaluación conjunta de la contribución de factores (meso) asociados a la heterogeneidad de las industrias y de la heterogeneidad de los recursos y capacidades de las firmas (factores micro) a la explicación de las diferencias en los desempeños de las firmas es el resultado de una controversia académica –entre autores adscritos a la organización industrial y a la RBV– en el ámbito del management, que se dirimió al nivel empírico en los años 90 (Rumelt, 1991; McGahan y Porter, 1997). Si bien el debate y sus resultados se concentraron en la estrategia y la competitividad, dado el papel central que en ellas juega la tecnología y la innovación, para los propósitos de este trabajo es útil recoger aquí sus rasgos e implicaciones generales.

El planteamiento hecho desde la perspectiva de la organización industrial –que tiene en Porter (1980) a su más connotado exponente en el ámbito del management por la extensión de sus postulados al ámbito de la estrategia competitiva–, es que las diferencias en los desempeños y beneficios obtenidos por las firmas provienen de las industrias en que están localizadas (Hawawini, Subramanian y Verdin, 2003). Estas ofrecen distintos niveles de beneficios potenciales, que en cada una están asociados a los crecimientos esperados y a características estructurales que definen la intensidad de la competencia (entre las fuerzas que compiten) a su interior. Por ello, existe una alta heterogeneidad interindustrial. (Porter, 1980; Scherer, 1980; Schmalensee, 1985)

El desafío estratégico de la firma es, entonces, identificar las industrias más atractivas (con mayores beneficios potenciales) en que puede competir y definir las estrategias que más se ajusten a las restricciones y oportunidades que ofrecen con el fin de alcanzar desempeños superiores y una posición competitiva ventajosa –que le permita obtener beneficios superiores al promedio–. Pero las ventajas son pasajeras por la competencia –de otras firmas, racionales, que también identifican las estrategias y conductas concordantes con las características estructurales de la industria– (Bou y Satorra, 2007). En consecuencia, los comportamientos y desempeños (beneficios) tenderán a ser relativamente homogéneos al interior de las industrias.

Eso sucederá salvo que existan imperfecciones de mercado que limiten la competencia –por economías de escala, alcance y/o barreras de acceso de carácter financiero o tecnológico (patentes), acceso privilegiado a las redes de distribución, altos costos de cambio–; o porque al interior de las industrias se configuren y coexistan diferentes mercados, conformados por segmentos de consumidores y de grupos estratégicos –

competidores directos–, que pueden competir entre sí, pero con barreras de distinto grado para la movilidad de las firmas entre ellos (Caves y Porter, 1977; Peteraf y Shanley, 1997). En estos casos, las condiciones estructurales de la industria son fuente de heterogeneidad.

En el polo opuesto, desde la RBV se plantea que un rasgo característico del ambiente competitivo al interior de las industrias es una profunda heterogeneidad entre competidores cercanos (Hoopes y Madsen, 2003). Estas diferencias entre las firmas son resultado de recursos (y capacidades) singulares –únicos– que generan distintos desempeños competitivos; además, algunos de estos recursos (y capacidades) son fuente de ventajas competitivas por ser raros, valiosos y difícilmente transables e imitables – son específicos e idiosincráticos por ser contruidos al interior de la firma–. Y esto se traduce en una alta y persistente heterogeneidad intraindustrial. (Penrose, 1959; Wernerfelt, 1984; Barney, 1991 y 2001; Peteraf, 1993; Helfalt y Peteraf, 2003)

El traslado al nivel empírico de la discusión dio lugar a ejercicios de evaluación conjunta de la contribución de firmas e industrias a la heterogeneidad en el desempeño (beneficios) de las firmas. En general, los resultados indican que la contribución de las firmas es mayor (Rumelt, 1991) incluso en los ejercicios efectuados por Porter en industrias del sector manufacturero (McGahan y Porter, 1997), y en las distintas fases del ciclo de vida industrial (Karniouchina, Carson, Short y Ketchen, 2013). En un trabajo con mayores implicaciones teóricas, Bou y Satorra (2007) confirma que la contribución de las firmas a la variación –heterogeneidad– en sus propios beneficios es mucho mayor que la aportada por las industrias (91.8% versus 8.2%); pero lo más interesante es que si bien algunos beneficios extraordinarios –anormales– son pasajeros en firmas e industrias,

en ambos niveles un porcentaje significativo de ellos es persistente –en un orden del 23.3% en las firmas y en un 5.4% en las industrias–, lo cual significa, que no hay convergencia hacia beneficios normales, es decir, hacia la homogeneidad.

De ese modo, se confirma que en la variación –heterogeneidad– en los desempeños de las firmas concurren factores asociados a la heterogeneidad de las industrias y principalmente, de las propias diferencias entre las firmas y que, además, esa heterogeneidad es persistente, o a lo sumo muy lenta la convergencia (Bou y Satorra, 2007). Esto significa, que en la explicación de los desempeños (beneficios) de las firmas concurren factores tanto del nivel meso (industriales) como micro (firma) y que, en consecuencia, al nivel empírico, para la definición de la estrategia competitiva son incompletos y sesgados análisis centrados en cualquiera de los dos niveles, pues esta envuelve una problemática multinivel y, en consecuencia, su adecuada definición reclama la integración de las dos perspectivas o niveles de evaluación. (Hitt, Beamish, Jackson y Mathieu, 2007)

1.1.2. Del análisis parcial al análisis conjunto meso - micro de la heterogeneidad en la innovación

Estos antecedentes, presentados en el ámbito del *management* estratégico, son útiles para el análisis de la heterogeneidad en el desempeño innovador de las firmas, porque si bien la tecnología y la innovación no constituyen el centro de los intereses explicativos de los estudios de la organización industrial y de la RBV, en ambos casos tecnología e innovación son, por un lado, factores vitales para explicar la dinámica industrial –p. ej., por los efectos de las innovaciones tecnológicas en los ciclos de vida, en los niveles de competencia y en la estructura de la industria (Porter, 1985; Karniouchina et al., 2003)– y, por otro, recursos y capacidades claves para explicar la diferenciación competitiva entre

las firmas (Barney, 1991); en consecuencia, son vitales para los análisis estratégicos y la competitividad. La discusión sobre la heterogeneidad en el ámbito de la estrategia también es útil aquí porque aunque es anterior a la existente en el ámbito de la tecnología y la innovación, en su evolución hay bastantes similitudes: del énfasis de la mirada en la heterogeneidad en lo meso sigue la relacionada con el nivel micro y, después, se pasa al análisis conjunto.

Si bien en la perspectiva evolutiva del cambio técnico –cuyo objeto de estudio es la tecnología e innovación– desde sus orígenes se conciben la heterogeneidad tecnológica al nivel de firmas e industrias (Nelson y Winter, 1982), en su desarrollo predominó la visión meso. En sus trabajos seminales, Nelson y Winter plantearon que los patrones de desarrollo tecnológico sectorial son distintos –heterogéneos– y que, en consecuencia, el avance tecnológico industrial sigue trayectorias “naturales” definidas por regímenes tecnológicos que, basados en los planteamientos de Schumpeter (1934; 1942), se definen como Mark I y Mark II. En ellos difieren las fuerzas que las impulsan (pequeñas firmas entrantes o grandes empresas respectivamente), los patrones de competencia y la estructura industrial –más fragmentada o más concentrada también respectivamente– (Malerba y Orsenigo, 1993; 1996). Así, la heterogeneidad industrial es definida por los regímenes tecnológicos.

En ese contexto analítico, las firmas que operan en un mismo régimen tecnológico tienen comportamientos similares (Pavitt, 1984; Castellacci, 2008). Al compartir la misma base de conocimiento, tecnologías y contexto institucional, el del régimen en que actúan (Malerba y Mani, 2009; Castellacci, 2008), el cual les ofrece limitadas alternativas tecnológicas, las firmas tienen innovaciones semejantes. Eso significa que la innovación

es específica al régimen o industria; en otros términos, que las condiciones meso definen el comportamiento micro. Así, a semejanza de lo que se plantea en el ámbito estratégico desde la perspectiva de la organización industrial, la heterogeneidad es interindustrial, y la heterogeneidad de las firmas se diluye en una especie de firma promedio, que encarnaría los desempeños típicos del respectivo patrón –régimen– sectorial. Las diferencias en los desempeños de las firmas provienen de las existentes en los patrones de innovación, por ejemplo, de un régimen schumpetereano Mark I o de un Mark II o, en la taxonomía de Pavitt (1984), entre las industrias basadas en la ciencia y las dominadas por el proveedor.

Esa mirada predominó a pesar de que desde el mismo trabajo seminal de la teoría evolutiva (Nelson y Winter, 1982) y en reiteradas oportunidades, Nelson y Winter han insistido (Nelson, 1991 y 2008; Winter, 1984; 2013) sobre la heterogeneidad intrínseca a las firmas. Heterogeneidad derivada de los aprendizajes resultantes de las experiencias particulares de la firma, que dan lugar a la construcción de recursos y capacidades idiosincráticas –específicas– a cada una, y que se traducen en desempeños diferenciados (Nelson, 1991; Nelson y Sampat, 2001). Las concordancias de esa mirada con los planteamientos de la RBV son evidentes. Más aún, según Srholec y Verpagen (2012), desde una lectura evolutiva de los planteamientos de la RBV, las firmas pueden tener comportamientos y desempeños diferentes porque tienen distintas bases de recursos, interpretan de manera diferente las señales del mercado y utilizan distintos modelos para definir sus estrategias. (Wernerfelt, 1984; Nelson, 1991; Dosi, Faillo y Marengo, 2008)

En la perspectiva evolutiva está presente la heterogeneidad a los dos niveles, y dado el carácter sistémico de su mirada sobre la innovación, es apenas lógica la necesidad articularlos. Sin embargo, por espacio de tres décadas predominó lo que Dosi,

Lechevalier y Secchiy (2010) denominaron “una odiosa esquizofrenia” entre los estudiosos de la innovación en los dos niveles.

Esa fractura ha empezado a superarse recientemente: algunos trabajos han probado la existencia de una persistente heterogeneidad de las firmas –bien sea por su tamaño, productividad, crecimiento o beneficios– al nivel intraindustrial (Bottazzi, Cefis y Dosi, 2002), aunque sin adentrarse en lo micro; Leiponen y Drejer, 2007), evalúan la influencia de las condiciones tecnológicas –regímenes e industrias– y las estrategias de innovación de las firmas a esa heterogeneidad. Incluso, al nivel más teórico se ha planteado que los análisis de la tecnología y la innovación al nivel de regímenes e industrias aportan importantes insumos para la construcción de una teoría de la firma, y que para avanzar en esa dirección, la articulación de la teoría evolutiva y la RBV constituye un “fascinante desafío intelectual” (Dosi y Nelson, 2010). Pero es solo en la presente década que se dio paso a los análisis que evalúan de manera conjunta –simultánea– el nivel de contribución de firmas e industrias a la heterogeneidad tecnológica e innovativa. (Srholec y Verspagen 2012; Clausen, 2013)

Esos trabajos son escasos y recientes. De hecho, el primer trabajo en que se estudia la heterogeneidad intraindustrial y la contribución de los distintos niveles (firmas, industrias y países) a la varianza de la innovación es el de Srholec y Verspagen (2012), acudiendo para ello a estudios de descomposición de la varianza. Luego se aplicó la técnica econométrica multinivel –que es la que aquí se emplea– para analizar de manera simultánea la contribución de firmas y regiones a la heterogeneidad (Srholec, 2010), y después a la contribución de países y firmas a la variación de la innovación en estas últimas (Srholec, 2011; 2015). Pero en estos últimos modelos el nivel industrial es

incorporado solo como una variable de control, esto significa que no se ha ahondado en el análisis de la contribución de las firmas y las industrias, en otros términos, de los niveles intra e interindustriales, a la heterogeneidad en el desempeño innovador de las firmas. Y aquí es donde busca hacer su contribución el presente estudio.

Los hallazgos empíricos apuntan a confirmar los encontrados en el ámbito de la estrategia. Leiponen y Drejer (2007) encuentran que al interior de las industrias (manufactureras y de servicios de Dinamarca y Finlandia) se conforman y coexisten distintas agrupaciones –clusters– de empresas que dan cuenta de una fuerte heterogeneidad intraindustrial, debida más a las estrategias innovativas de las firmas que a la influencia del entorno tecnológico (los regímenes tecnológicos). De allí concluyen que la heterogeneidad antes que inter es intraindustrial. Y señalan, además, que esos resultados desafían la perspectiva económica de la innovación pues las firmas parecen tener más espacio para la toma de decisiones estratégicas que las que les atribuye la literatura sobre la innovación.

Es, sin embargo, el trabajo de Srholec y Verspagen (2012) el que primero cuantifica la magnitud de la contribución relativa de las firmas, las industrias y los países a la heterogeneidad en los procesos de innovación y en las estrategias innovativas de las firmas, en un estudio que cubre 13 países (de la Unión Europea) y mediante análisis –Anova– de componentes de la varianza. Encuentran que las firmas explican entre el 83% y 95% de la varianza, las industrias entre el 3% y el 10%, y los países entre el 2% y el 11% y, además, que los clusters de firmas que se conforman al interior de las diferentes industrias tienden a repetirse. De allí concluyen que la heterogeneidad es mayor al interior de las industrias y países que entre ellos; que agrupaciones de firmas explican

mejor las diferencias en las estrategias de innovación que las señaladas por países e industrias y, que en síntesis, la heterogeneidad es un adjetivo que debe usarse más para describir las diferencias en los patrones de innovación de las firmas que las de países e industrias⁴.

Clausen (2013) aplica la técnica multinivel para establecer la contribución de las industrias (en Noruega) a la variación de la innovación de producto y proceso, y encuentra que esta fluctúa, entre el 9% y el 14%⁵. De ello concluye, por una parte, que las firmas constituyen una importante fuerza motriz detrás del cambio técnico y, por otra, que la RBV y la literatura sobre los regímenes tecnológicos “se complementan y enriquecen nuestro conocimiento sobre la innovación”. (Clausen, 2013, p. 539)

1.1.3. La contribución conjunta meso – micro a la heterogeneidad innovativa en un contexto de bajo desarrollo tecnológico

Si bien estos trabajos han avanzado en la medición de la contribución relativa de las firmas e industrias a la innovación, tienen todos como referente y objeto de análisis a los países desarrollados y han avanzado muy poco en la identificación y comprensión de los factores que al interior de cada nivel contribuyen a la heterogeneidad en el desempeño innovador de las firmas. A ello busca contribuir este trabajo. Y para tal fin efectúa una indagación progresiva, que enseguida se presentará con detalle.

⁴ Srholec (2011 y 2015) en trabajos posteriores avanzó hacia la elaboración de trabajos de corte econométrico, aplicando modelos multinivel, pero en los cuales como se señaló antes, analiza firma y países o regiones, pero al nivel industrial solo lo incorpora como variable de control.

⁵ Cabe advertir que esta evaluación, también la efectúa para otras variables relacionadas con actividades, efectos y obstáculos a la innovación, y que lo hace con el modelo más simple, esto es, cuando el valor de las variables independientes de las industrias como de las firmas es cero y, en consecuencia, solo mide la incidencia del hecho de estar en una u otra industria.

En un primer momento, este trabajo se orienta a establecer la contribución relativa de firmas e industrias a las variaciones en los desempeños innovadores al nivel micro, en un contexto diferente al de los países donde se originan las teorías y mediciones en cuestión, esto es, en la industria de Bogotá y Cundinamarca (IByC), que corresponde a una región de un país en vía de desarrollo. En consecuencia, la investigación trata de establecer cuál es el grado de contribución de las firmas e industrias a la heterogeneidad en el desempeño innovador de las firmas.

Pero esto se hace, inicialmente, a la manera de Clausen (2013), es decir, al nivel más simple: si el hecho de estar en una u otra industria –sin establecer debido a qué factores específicos– afecta de manera significativa el comportamiento innovador de las firmas, y si las diferencias entre las firmas, sin considerar características específicas, también inciden de manera significativa en dicho desempeño.

De acuerdo con los elementos aportados por la revisión efectuada, es decir, tanto por razones teóricas como por la evidencia colectada, cabe esperar que la respuesta sea positiva. Esto significa que en la explicación de las variaciones en el desempeño tecnológico de las firmas, tal como lo formula la teoría evolutiva, el contexto tecnológico –representado en la base de conocimiento, las tecnologías e instituciones– importa; y que tal como lo plantean la RBV y la teoría evolutiva, las características de las firmas –expresadas en sus recursos y capacidades tecnológicas y en sus estrategias tecnológicas– también importan. Esto, formalmente, se expresa así:

H1A: LAS INDUSTRIAS (NIVEL MESO) Y LAS FIRMAS INCIDEN DE MANERA SIGNIFICATIVA EN LAS VARIACIONES EN EL DESEMPEÑO INNOVADOR DE LAS FIRMAS

La confirmación de esta hipótesis indicaría que estar en una u otra industria afecta el comportamiento innovador de las firmas y que, en consecuencia, incorporar a la industria en los análisis ayuda a entender mejor los cambios en la innovación de las firmas que intentar comprender esas variaciones solo a partir de las diferencias entre dichas firmas. En otros términos, que un modelo multinivel capta mejor el conjunto de factores que influyen en la innovación de las firmas que un modelo de un solo nivel.

Si tanto las industrias como las firmas contribuyen a explicar las diferencias en el comportamiento innovador de las firmas, la pregunta subsecuente es ¿en qué proporción lo hacen? Si bien todavía no hay explicaciones sobre el por qué, tanto en el ámbito de la estrategia (Rumelt, 1991; McGahan y Porter, 1997) como de la innovación (Leiponen y Drejer, 2007; Srholec y Verspagen, 2012; Clausen, 2013), la contribución de las firmas es mucho mayor que el de las industrias. De acuerdo con esos resultados, es razonable esperar que esto acontezca en la IByC. Esto puede expresarse de la siguiente forma:

H1B: LAS DIFERENCIAS ENTRE LAS FIRMAS INCIDEN EN LAS VARIACIONES EN SU DESEMPEÑO INNOVADOR EN MAYOR GRADO QUE LAS INDUSTRIAS

Si los resultados son positivos y la hipótesis se confirma, esto significará que se validan en la IByC los hallazgos de los estudios realizados en los países desarrollados, y tal regularidad empírica indicará que se avanza hacia la confirmación de un hecho estilizado. Frente a este, lo que cabe es ahondar en el ámbito de la interpretación y la explicación de ese hecho. Sin embargo, en el análisis conjunto –multinivel– de la heterogeneidad en el desempeño innovador de las firmas, los estudios no han ido más allá de la estimación de la contribución relativa de cada uno de los dos niveles –industria y empresa– a ella. Por lo tanto, es necesario ahondar en la identificación de los factores que están detrás de estos resultados y que ayudan a explicarlos. En esta dirección avanza el presente trabajo.

Para ello, en un segundo momento, este trabajo intenta establecer ¿Qué factores específicos tanto al nivel de las industrias como de las firmas contribuyen en mayor medida a explicar la heterogeneidad en el desempeño innovador de las firmas? Esto implica, por un lado, profundizar en la indagación empírica y teórica en cada uno de los niveles, así como en sus interdependencias y, por otro, aprovechar el potencial analítico del marco evolutivo pues, a diferencia de lo que ocurre en el management –donde tanto la perspectiva de la organización industrial como la RBV se concentran cada una en un nivel y el diálogo epistemológico entre ellas es muy difícil–, dicho marco cubre ambos niveles. De hecho a través de la noción de regímenes tecnológicos puede abordarse la perspectiva meso –nivel industrial– de la tecnología y la innovación, mientras que al nivel de la firma su aproximación tiene la ventaja de dialogar y complementarse con la RBV. De ello, no solo dan cuenta los trabajos mencionados sino otros que invitan a esa profundización. (Dosi et al., 2010; Fagerberg, Mowery y Nightingale, 2012)

Los trabajos que han abordado el tema de la heterogeneidad lo han hecho desde la perspectiva de la oferta. Esto además de constituir una aproximación parcial configura una especie de –tácito– determinismo tecnológico (Nelson y Winter, 2001; Nelson, 2008). Por ello, en la profundización de la indagación por los factores meso –industriales– que más inciden en las variaciones del desempeño innovador de las firmas, aquí se explora por los efectos de la demanda en dicho comportamiento; para ello se acude a la noción de Regímenes de Demanda (Capone et al., 2013). Esta aproximación facilitará ahondar en la estrategia de innovación de las firmas, como una vía para ahondar en la exploración de la interacción entre los factores micro y meso de la heterogeneidad innovadora.

En el plano metodológico, la profundización en el análisis simultáneo de la contribución de cada uno de los dos niveles y en su interacción también es posibilitada por la técnica multinivel aquí utilizada. En la literatura publicada sobre el tema específico, no se registra su utilización para ese propósito específico. Esto facilitará la aplicación y validación de planteamientos teóricos y la identificación empírica de vínculos e interacciones y, así, ahondar en la comprensión de las fuentes de la heterogeneidad en la innovación. Asunto que se abordará enseguida.

1.2. La teoría evolutiva de la innovación: una perspectiva meso sobre la heterogeneidad tecnológica y el desempeño innovador de las firmas

En este apartado se presentan los planteamientos de la teoría evolutiva sobre la contribución meso a la heterogeneidad. Para ello se acude a su noción básica, los regímenes tecnológicos y a la taxonomía de Pavitt (1984) inspirada en ella, y luego se dialoga con esos planteamientos a la luz de la realidad industrial latinoamericana, con el fin de soportar los argumentos que sirven de base para evaluar su capacidad de explicar dicha realidad, que es distinta a sus contextos de referencia. Adicionalmente, para superar la proclividad al determinismo tecnológico que proviene de la mirada centrada en los regímenes, se plantea una hipótesis en la que se plantea que la demanda en contextos como el de la IByC es una fuente industrial significativa de heterogeneidad.

1.2.1. Los regímenes tecnológicos y la heterogeneidad innovativa en la IByC

Las nociones de paradigmas y regímenes tecnológicos son centrales para captar la manera en que la heterogeneidad en la innovación es impulsada desde el nivel industrial. La noción de paradigmas es vital bien sea que se adopte la visión más general, de revoluciones tecnológicas que dan lugar a las oleadas de destrucción creativa impulsadas

por nuevas tecnologías disruptivas de propósito general (Freeman y Pérez, 1988; Pérez, 2001), o la perspectiva más específica, de microtecnologías con un alcance más limitado en sus campos de aplicación (Dosi, 1982; Dosi y Nelson, 2010). Lo importante aquí es que en ambos casos el paradigma emergente genera una perspectiva de análisis, de definición de problemas relevantes y de heurísticas o patrones de indagación para resolverlos; de los conocimientos científicos y de las tecnologías usadas para ello; de los principios –el nuevo “sentido común”– que guía la toma de decisiones, etc. En su evolución, las nuevas tecnologías –el avance tecnológico–, siguen trayectorias configuradas por esos regímenes tecnológicos, que establecen los límites de lo que puede ser alcanzado en la solución de problemas asociados con un conjunto dado de actividades de producción y las direcciones o “trayectorias naturales” a lo largo de las cuales esas soluciones pueden ser encontradas. (Nelson y Winter, 1977 y 1982)

De ese modo, los regímenes constituyen las avenidas dentro de las cuales avanzan las firmas a distintos ritmos, a partir de su aprendizaje de los conocimientos generales asociados a los paradigmas y al régimen y del aprendizaje derivado de la solución a problemas e innovaciones específicos a ellas. Los regímenes ofrecen entonces espacio a la heterogeneidad tecnológica inherente al desarrollo industrial tanto al nivel meso como micro. En esos regímenes se pueden identificar dos fuentes de heterogeneidad innovativa: una, originada en la existencia de regímenes tecnológicos de distinta naturaleza y, otra, en las distintas fases de la trayectoria por la que atraviesan los regímenes.

Con respecto a la primera, Nelson y Winter (1982) distinguen dos regímenes tecnológicos a partir de Schumpeter (1934; 1942): uno, denominado empresarial, “basado en la ciencia”, o más genéricamente Schumpeter Mark I, caracterizado por ser impulsado por

emprendedores y nuevas firmas –pequeñas– que identifican nuevas oportunidades derivadas de los avances de la ciencia y la tecnología, y las materializan en nuevos productos y procesos. Otro, denominado rutinario, acumulativo o Schumpeter Mark II, caracterizado por la acumulación creativa, es decir, por el hecho de que el avance tecnológico de hoy es construido sobre lo alcanzado por las firmas en el pasado y, en consecuencia, es impulsado por grandes firmas establecidas que innovan continuamente sobre la base de sus capacidades tecnológicas acumuladas en el tiempo. (Nelson y Winter, 2002; Dosi, Marsili, Orsenigo y Salvatore, 1995; Malerba y Orsenigo, 1996)

En estas nociones de régimen se hace muy estrecho y dinámico el vínculo entre patrones –sectoriales– de desarrollo tecnológico e innovación y la competencia schumpetereana y la estructura industrial (Nelson y Winter, 1982). Esto se ve con nitidez cuando se caracterizan los regímenes como particulares combinaciones de oportunidad, acumulabilidad y apropiabilidad. (Malerba y Orsenigo, 1996; Breschi et al., 2000)

En el régimen Mark I son altas las oportunidades tecnológicas y bajas la acumulatividad y la apropiabilidad de los beneficios de la innovación. En términos schumpetereanos, en éste son bajas las barreras tecnológicas, lo que facilita la entrada de nuevas firmas innovadoras; esto es típico de las tecnologías basadas en la ciencia, donde el conocimiento es universal; por ello, para las firmas entrantes son altas sus posibilidades competitivas, y de ello deriva una baja estabilidad y concentración industrial. De allí resulta una estructura industrial heterogénea (Nelson y Winter, 1982; Breschi et al., 2000). En abierto contraste, en el Mark II se facilita la innovación de las firmas establecidas –incumbentes– por manejar tecnologías cuya base de conocimiento es acumulativa y específica para aplicaciones industriales (Winter, 1984); así las barreras

tecnológicas son altas y las oportunidades bajas para los entrantes, y alta la apropiabilidad para las incumbentes. Ello deriva en estructuras de mercado altamente concentradas y estables (Malerba y Orsenigo, 1996; Breschi et al., 2000). En este caso, la heterogeneidad en la estructura industrial es menor que en el caso anterior.

Con respecto a las trayectorias de evolución de las tecnologías –como segunda fuente de heterogeneidad industrial–, debe advertirse que en su configuración confluyen, por una parte, los planteamientos evolutivos sobre la explosión de variedad (provocada por las revoluciones tecnológicas) y el subsecuente despliegue de los mecanismos de selección del mercado y, por otra, la hipótesis del ciclo de vida industrial de Utterback y Abernathy (1975), para dar lugar a la coevolución de tecnologías y estructuras industriales. (Nelson y Winter, 2002)

El ciclo está estrechamente ligado a la trayectoria natural de la tecnología. En la primera fase, a causa de las nuevas tecnologías disruptivas, la variedad de innovaciones y firmas –la heterogeneidad– es máxima. Esa fase inicial es de prueba y error debido a que muchos aspectos de la tecnología, los productos y los diseños están sin resolver, y son altas las oportunidades nuevas firmas tomadoras de riesgo, motivadas por la búsqueda de nuevos beneficios provenientes de las tecnologías extraordinarias, aun en los casos donde los avances tecnológicos se han producido por firmas establecidas (Dosi, 1982). Muchas de esas innovaciones fracasan como consecuencia de la selección del mercado, reduciéndose la variedad. Las imitaciones adaptativas de los perdedores y seguidores refuerzan ese proceso, dando lugar a los diseños dominantes. La relativa estandarización de productos que de allí resulta da lugar a una fuerte competencia basada en la innovación y la eficiencia en los procesos productivos que, subsecuentemente, deriva en un patrón de

competencia oligopólica. De ese modo, en la fase de madurez, aumenta la concentración y disminuye la heterogeneidad industrial.

Los ejercicios de contrastación empírica de esos planteamientos teóricos han dado lugar a taxonomías que, leídas desde la problemática que aquí nos ocupa, contribuyen a explicar la heterogeneidad industrial. Dentro de ellas se destacan las que diferencian los sectores e industrias en términos de las características (oportunidad, acumulatividad y apropiabilidad) que definen los regímenes tecnológicos Mark I y Mark II (Malerba y Orsenigo, 1996; Breschi et al., 2000), y la de Pavitt (1984), que a partir los planteamientos de Nelson (1991) sobre las fuentes de las tecnologías, las necesidades de los usuarios y las posibilidades de apropiación identifica cuatro patrones sectoriales de desarrollo tecnológico: basados en la ciencia, intensivos en escala, proveedores especializados y dominados por el proveedor.

Trabajos posteriores que se han concentrado en esta última taxonomía han extendido a los servicios o han ampliado las categorías que conforman las taxonomías originales, incluso el mismo Pavitt (1995) adicionó una quinta categoría, la de industrias intensivas en procesamiento de información –como la industria financiera o de comercio minorista–. Los trabajos posteriores han validado su vigencia en el contexto de los países desarrollados (Marsili y Verspagen, 2002; Castellacci, 2008; Castellacci y Zheng, 2010; Peneder, 2010). Las ampliaciones de las categorías surgen, sin embargo, de agrupaciones ad hoc de firmas y con poco sustento teórico, lo que ha limitado su generalización. Los balances hechos en la presente década coinciden en señalar la vigencia y potencialidades de desarrollo de la noción de regímenes. (von Tunzelman, Malerba, Nightingale y Metcalfe, 2012)

Los estudios que se han concentrado específicamente en la identificación de la contribución de los regímenes a la explicación de la heterogeneidad industrial han encontrado que, aunque significativa, esta es mucho menor que la debida a las firmas (Leiponen y Drejer, 2007; Srholec y Verspagen, 2012; Clausen, 2013), pero –como se señaló arriba– no han profundizado en el análisis de dicha contribución; esta es una tarea pendiente. En esa dirección aquí se intenta establecer cuál es la aplicabilidad de las nociones de regímenes para explicar la heterogeneidad innovativa en un contexto de bajo desarrollo tecnológico, como el de la IByC.

Aquí se argumenta que aunque la incidencia de las industrias a la heterogeneidad innovativa de las firmas es significativa, su contribución es poca debido a la débil expresión de los regímenes en el contexto de la IByC. Tal planteamiento se sustenta en varias razones de índole teórico y empírico.

Como sostienen los teóricos del cambio técnico, los sectores e industrias más cercanos al núcleo de las ciencias y tecnologías que impulsan el paradigma tecnológico en curso, son los más dinámicos y en ellos se expresan mejor las características que definen los regímenes (Freeman y Pérez, 1988; Dosi y Nelson, 2010). En aquellos que están más alejados, tanto en los paradigmas como en los regímenes en que se despliegan y desarrollan, su influencia es más tenue; incluso, en ellos puede encontrarse una situación similar a la que ocurre cuando las nuevas tecnologías están apenas en ciernes y predomina el ensayo y error: cuando el régimen “está perdido” (Nelson y Winter, 2002; Nelson 2008). Pero en nuestro caso está perdido no porque las innovaciones y aplicaciones más útiles y funcionales no se hayan decantado todavía, sino porque en los contextos periféricos –como la IByC– la apropiación de la base de conocimientos científicos y

tecnologías modulares es precaria, y esto se expresa en la mera adopción de esas tecnologías y en la imitación de los nuevos productos originados en ellas, con muy poca innovación.

En esa dirección se encuentra una razón más fuerte. Los autores centrales de la teoría evolutiva advierten con insistencia que este marco analítico surge y es aplicable a contextos industriales en los que la ciencia y la tecnología son importantes, donde la I+D organizada es la fuente de la innovación, y donde la innovación es el elemento clave de la dinámica competitiva. Y que, por consiguiente, tiene poco que decir para contextos donde la innovación es guiada básicamente por la práctica y, quizá, por la demanda (Nelson y Winter, 2002; Dosi y Nelson, 2010). Ese es el caso de la IByC, de la industria colombiana y de algunos países latinoamericanos. Por ello es necesario exponer las características e implicaciones para la aplicación de los regímenes tecnológicos a esta realidad.

Pocos trabajos han intentado aplicar las nociones de regímenes tecnológicos al contexto latinoamericano, estos reconocen que no aplican para América Latina debido a su atraso, y entonces proponen taxonomías orientadas a captar su realidad (Ferraz, Kupfer, Haguenauer, 1996; Pietrobelli y Rebellotti, 2008). La taxonomía de Pietrobelli y Rebellotti (2008) es la que más directamente alude a los regímenes, y aunque se inspira en la taxonomía de Pavitt (1984), elimina la categoría de industrias basadas en la ciencia. Esto significa asumir que en América Latina no hay industrias *technology driven*. Otros estudios, que están más alejados de la noción de regímenes, proponen clasificaciones orientadas a captar la intensidad tecnológica de la estructura productiva latinoamericana

en las que también se suprime la categoría de industrias intensivas en el uso de las ciencias. (Cepal, 2007)

Otra probable razón de la poca capacidad de los regímenes para captar la contribución de las industrias a la heterogeneidad es de carácter metodológico, y de ella adolecen los estudios de carácter transversal. La noción de régimen pueden expresar su potencial explicativo, esto es, su capacidad para analizar en el tiempo procesos de cambio industrial impulsados por la tecnología y la innovación en estudios longitudinales. Al contrario, en estudios de corte transversal como los de Leiponen y Drejer (2007), Srholec y Verpagen (2012), Clausen (2013), y este en particular, a través de la foto tomada en un momento del tiempo solo es posible captar la estructura y la heterogeneidad que ella revela, y muy poco de las fuerzas que la generan y transforman.

Por esas razones es plausible afirmar que para el caso de la IByC:

H2A: LAS CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEN LOS REGÍMENES TECNOLÓGICOS (OPORTUNIDAD, ACUMULATIVIDAD Y APROPIABILIDAD) NO INCIDEN SIGNIFICATIVAMENTE EN LA HETEROGENEIDAD INNOVADORA DE LAS FIRMAS.

1.2.2. La taxonomía de Pavitt y la heterogeneidad innovativa

Ahora bien, más aplicable al caso de la IByC es la taxonomía de Pavitt (1984); esta se elaboró a partir del comportamiento de firmas innovadoras (de Gran Bretaña) e intenta dar cuenta de los patrones sectoriales de cambio técnico, mediante la agrupación de firmas e industrias en cuatro categorías antes señaladas.

La taxonomía se ha convertido en un clásico y, en general, los estudios posteriores que la han usado validan su aplicabilidad a los países desarrollados, y hacen propuestas para desarrollarla. Para los objetivos de este trabajo, irónicamente, es necesario señalar

debilidades y hacer precisiones que permiten aprovechar su potencial para explicar la heterogeneidad innovadora de las firmas.

La primera está relacionada con el hecho de que, en rigor, esta constituye una clasificación de las firmas innovadoras a partir de sus competencias tecnológicas y sus comportamientos innovadores; pero como señala Archibugi (2001, p. 419), el mismo Pavitt tanto en su trabajo seminal como en posteriores agrupó las categorías de su taxonomía al nivel de industrias y no de firmas, y esto como él mismo lo reconoce, la debilita por la alta varianza encontrada al nivel de cada categoría. Esa heterogeneidad, en principio, sería bienvenida para los objetivos de este trabajo, pero no capta bien la heterogeneidad tecnológica, pues la agrupación económica –estándar– de las firmas en una industria se hace en razón de que elaboran productos similares. Por ello, una agrupación de las firmas basada en criterios tecnológicos tendría una menor variación (Archibugi, 2001)⁶ y captaría mejor la contribución del nivel industrial a la heterogeneidad de la innovación.

Otra limitación está relacionada con el hecho ya señalado de que, como toda taxonomía, es estática, y entonces solo da cuenta de la heterogeneidad revelada por la estructura –transversal– del momento específico en que es analizada, y no del poder explicativo de la dinámica de los patrones de desarrollo tecnológico de los que pretende dar cuenta. Por ello, es posible que esté subvalorada esa contribución.

A pesar de lo anterior, cabe esperar de esta clasificación una mayor capacidad para captar la contribución del nivel industrial a la heterogeneidad innovadora de las firmas, que la

⁶ Una alternativa para corregir, parcialmente, ese error de clasificación se plantea en la sección de especificación del modelo econométrico.

que se puede lograr con los regímenes tecnológicos. Esta, a semejanza de la literatura sobre los regímenes está enfocada en las industrias innovadoras y, además, incorpora de manera explícita las categorías de los regímenes, pero con una diferencia fundamental: al introducir la categoría *dominados por el proveedor*, cuyas innovaciones se originan en compra e incorporación de maquinaria y equipo, que Pavitt (1984) asocia a las industrias más tradicionales, genera el espacio para captar las características de la conducta innovadora existente –y predominante– en buena parte de las industrias de la IByC, del sector industrial colombiano e incluso latinoamericano. (Vargas et al., 2003; Malaver y Vargas, 2004, 2006 y 2013; Dini y Stumpo, 2011)

La actividad innovadora predominante en estas industrias es la incorporación de maquinaria extranjera que adoptan sin o con modificaciones apenas marginales, o que adaptan a las condiciones –de la planta o del mercado– de aplicación (Malaver y Vargas, 2013 y 2006). Esto, desde luego, puede matizarse y comprenderse mejor con estudios efectuados que analizan desde diversas perspectivas las formas de innovación y que utilizan distintas clasificaciones y definiciones de la innovación, cuyo diagnóstico es bastante similar.

Esa preocupación ha estado presente en diversas propuestas surgidas de académicos y organismos multilaterales preocupados por la persistencia de las brechas tecnológicas frente a los países desarrollados. La taxonomía propuesta por Pietrobelli y Rabellotti (2008) es la que dialoga de manera explícita con los regímenes tecnológicos y con la taxonomía de Pavitt (1984). Proponen una clasificación sectorial compuesta por cuatro grupos de industrias: (i) manufactura tradicional y (ii) basados en recursos naturales, que en términos de aprendizaje se asimilan a la categoría de dominados por el proveedor de Pavitt

(1984), y que consideran es la de mayor prevalencia en América Latina; (iii) la de productos complejos que se asimila a la de intensiva en escala de Pavitt, y (iv) la de proveedores especializados. Pero al eliminar la categoría de industrias basadas en la ciencia se desnaturaliza la taxonomía de Pavitt (1984) y se dificulta la comparabilidad internacional. Esto es proclive, además, a no utilizar la teoría para interpretar la realidad sino a usarla de manera referencial y a que, finalmente, se obstruya el diálogo con la teoría.

Por su parte, la Cepal (2007) intenta estimar la intensidad tecnológica de la estructura productiva, a partir de la participación de los sectores con mayor intensidad de conocimientos en el valor agregado de la industria. Y para ello compara distintas taxonomías. En el estudio se parte de adoptar la taxonomía desarrollada por Katz y Stumpo (2001) sobre la base de la intensidad en el uso de los factores de producción (recursos naturales, mano de obra e ingeniería), que considera que se asimila a la desarrollada por la OCDE (1997). Luego elabora una propuesta que considera se asimila a la de Pavitt (1984): dominados por la oferta; intensivos en producción –intensivos en producción y oferentes especializados– y basados en la ciencia. En dicha propuesta se estima que los sectores intensivos en ingeniería coinciden con los basados en la ciencia y los proveedores especializados de Pavitt y con los de alta y media alta intensidad tecnológica de la OCDE, razón por la cual consideran –con precaución– que son un sustituto –proxy– razonable de los sectores con mayor intensidad tecnológica en la estructura industrial. Equipara las industrias intensivas en ingeniería a las basadas en la ciencia es, por lo menos, impreciso.

Esos intentos refuerzan la convicción que se tiene en esta tesis sobre la necesidad de hacer un esfuerzo sistemático por aplicar las nociones de regímenes y la clasificación industrial

derivada de las categorías de Pavitt (1984), para ver en qué medida contribuyen a explicar la heterogeneidad que caracteriza la innovación. Por todo lo anterior, es posible afirmar que a través de la taxonomía de Pavitt (1984) es posible captar buena parte del aporte del nivel industrial a la heterogeneidad innovadora, en los siguientes términos:

H2B: LOS PATRONES INDUSTRIALES DE CAMBIO TÉCNICO EXPRESADOS EN LAS CATEGORÍAS Y LA TAXONOMÍA DE PAVITT INCIDEN DE MANERA SIGNIFICATIVA EN LA HETEROGENEIDAD INNOVADORA DE LAS FIRMAS.

1.2.3. Los regímenes de demanda y la heterogeneidad innovativa

A semejanza de quienes han estudiado la heterogeneidad desde la perspectiva de los regímenes tecnológicos, hasta aquí se ha mirado el tema desde el lado de la oferta. En lo que sigue se profundiza en la indagación por las fuentes de la heterogeneidad meso, incorporando al análisis el papel de la demanda. Para captarlo mejor, la aproximación se hace tanto desde una perspectiva dinámica como de una estática y esto permite establecer que la demanda es un factor de homogenización y también una fuente meso de heterogeneidad.

Desde una perspectiva dinámica, en el marco evolutivo la tecnología se considera como el principal *driver* de la evolución industrial, por la vía de los regímenes tecnológicos y la trayectoria “natural” de las tecnologías –ligada al ciclo de vida industrial–, mientras la demanda opera como un mecanismo de selección, que reduce la variedad que emerge de las disrupciones tecnológicas (Nelson y Winter, 1982; Dosi, 1982; Dosi y Nelson, 2010). Esto lo hace –a posteriori– mediante el premio –mayor aceptación– a los productos y diseños exitosos, y el subsecuente reforzamiento –imitación de los perdedores– que conduce a un *diseño dominante*, y la lógica de ese proceso conduce finalmente a una competencia oligopólica (Utterback y Abernathy, 1975; Dosi y Nelson, 2010). De ese

modo, la demanda constituye una clara y activa fuerza homogenizadora al interior de las industrias. Tal papel de fuente de reducción de la heterogeneidad es mucho más fuerte en etapas intermedias de la trayectoria tecnológica y del ciclo de vida industrial; pero esto, como ya se dijo, es muy difícil de captar en estudios de corte transversal que abarcan varias industrias, pues es poco factible establecer en un determinado momento en qué etapa del ciclo se hallan distintas industrias.

El otro papel de la demanda, esto es, como fuente de heterogeneidad –en lo que ha insistido Nelson (1991; 2008) es lugar común en el management estratégico y está directamente relacionado con la naturaleza transversal y el alcance de este estudio–, es posible captarlo desde una aproximación más estática. En la demanda se originan mercados y submercados –segmentos de mercado– al interior de las industrias, debido a la existencia de distintas necesidades, preferencias y conductas de compra de los consumidores; segmentos que tienen tamaños y potenciales de crecimiento distintos. Por ello, “al interior de las industrias la regla es la heterogeneidad de los mercados, no la excepción” (Nelson, 2008, p. 612). La demanda es, por esta vía, una fuente meso de heterogeneidad en la estructura industrial y en el desempeño innovador, e inductora de competencia e innovación entre las firmas por atender mejor esos mercados y consumidores.

Por lo tanto, para alcanzar una visión más comprensiva de la heterogeneidad de la innovación se complementa la mirada centrada en la oferta –tecnológica–, es útil acudir a la noción de *regímenes de demanda* para captar la contribución de las características de la demanda como fuente de diferencias en el desempeño innovador de las firmas.

En Adner y Levinthal (2001) se asumió la heterogeneidad de la demanda la cual se origina en las diferencias en las preferencias de los consumidores acerca de las características y atributos que debe tener un producto (sea un bien o servicio); estos atributos determinan la satisfacción que produce su consumo; y de ella deriva la valoración del producto por parte del consumidor, que es revelada en el precio que está dispuesto a pagar por él. De esa comparación surge la decisión de compra. Y a esa heterogeneidad de las preferencias y decisiones del consumidor se asocian los regímenes de demanda (Capone, Malerba y Orsenigo, 2013). Cuando los consumidores no tienen diferencias frente a los atributos que deben tener los productos para considerar su compra y, en consecuencia, la decisión de compra está determinada básicamente por el precio, se está frente a un *régimen de demanda homogéneo*; cuando los consumidores difieren en cuanto a los atributos que debe tener un producto para considerar su compra, se está frente a un *régimen de demanda fragmentado*.

Este último régimen está dividido en dos: se considera que, cuando a partir de un umbral de calidad mínimo (superior al del producto estándar), los consumidores difieren muy poco frente a los atributos que debe tener el producto para tener una alta valoración del mismo, se está en presencia de un *régimen de demanda fragmentado vertical*; cuando, por el contrario, los consumidores difieren mucho frente a los atributos que prefieren del producto –de alto valor agregado–, se considera que opera un *régimen de demanda de fragmentación horizontal* (Capone et al., 2013). Éste, por lo demás, se ajusta a la noción de nicho de mercado de Porter (1980; 1985)⁷.

⁷ A título de ejemplo, un restaurante que ofrece “comida corriente”, correspondería al régimen homogéneo, donde los consumidores compran por el bajo precio; otros que ofrecen comida gourmet, sin una especialidad definida, corresponderían al régimen de demanda fragmentada vertical; y los restaurantes de comida

Las firmas que atienden esos mercados y configuran grupos estratégicos (Porter y Caves, 1977), compiten en búsqueda de ventajas competitivas mediante liderazgos en costos y diferenciación; en términos de las estrategias definidas por Porter (1985), tienen en la tecnología y en la innovación una fuente para alcanzar su competitividad (Adner, Ruiz, Zemsky, 2016). Por esta vía, en la que se ahondará más adelante, se establecerá el vínculo entre esas características existentes al interior de las industrias –nivel meso–, la estrategia de innovación y los recursos y capacidades de las firmas –nivel micro–.

Para el caso de la IByC, cabe esperar que la heterogeneidad de la demanda afecte el desempeño innovador. Pero con algunas precisiones que, a semejanza de lo ocurrido con los regímenes, es necesario señalar. Por razones socioeconómicas y culturales, asociadas en mucho al nivel de desarrollo –medio– de Colombia, se espera que el grueso del mercado y de las empresas que los atienden, corresponda a un régimen homogéneo y que, por el contrario, la presencia del régimen fragmentado sea mínima, de cara a la innovación en la IByC. Esto tanto porque el tamaño del nicho de consumidores que demandan productos altamente diferenciados es muy pequeño, como por el hecho de que las firmas que los atienden son, principalmente, extranjeras, en razón del posicionamiento de sus marcas, la calidad e innovación en sus productos aunque, irónicamente, esta última se desarrolla en sus países de origen. Por lo tanto, su liderazgo no se debe a la innovación que hacen en el país; por falta de evidencia esto se plantea como conjetura. Igualmente, la conclusión que de allí se deriva: es poca la presencia de las firmas –nacionales e incluso

gourmet, especializados, por ejemplo, en comida asiática (japonesa, tailandesa), mediterránea, mexicana o peruana, expresarían la fragmentación –horizontal– de submercados configurados a partir de consumidores con preferencias muy particulares. Cuando estas preferencias están orientadas por la búsqueda de estatus y exclusividad, se configuran nichos de mercados selectos, poco sensibles al precio.

extranjeras— localizadas en ByC que actúan en el nicho de mercado que configura el régimen de demanda fragmentado horizontalmente.

En concordancia con lo señalado, es plausible formular la siguiente hipótesis:

H2c: LAS PREFERENCIAS DE LOS CONSUMIDORES CONTRIBUYEN SIGNIFICATIVAMENTE A EXPLICAR LA HETEROGENEIDAD EN EL DESEMPEÑO INNOVADOR DE LAS FIRMAS DEBIDA A LA INDUSTRIA

Si bien esto constituye una aproximación a la heterogeneidad de la demanda y a sus efectos sobre la innovación, debe advertirse que el tamaño y la dinámica de esos segmentos del mercado condicionan el crecimiento de las firmas y en los incentivos para innovar. Esto incide en las decisiones que se toman en el corto plazo, pero para captarlas bien se requiere de estudios longitudinales. Esta limitación de los estudios de corte transversal aplica a este trabajo, como se ha señalado antes.

1.3. Características de las firmas como fuentes de heterogeneidad innovativa

A semejanza de los acápites anteriores, en este acápite se presenta el marco analítico de la RBV y la teoría evolutiva sobre los recursos y las capacidades. A partir de dicho marco, se presentan los argumentos que soportan las hipótesis sobre su contribución a la heterogeneidad.

1.3.1. Los recursos, capacidades e innovación en los marcos evolutivos y de la RBV

Según la RBV, la firma en su evolución construye y acumula recursos que le son específicos (Penrose, 1959), no se encuentran —no se transan— en el mercado de factores y tienen un alto valor estratégico, porque no solo son únicos y valiosos sino que otra firma que quiera contar con ellos tiene que desarrollarlos a su interior, y por ser idiosincráticos son muy difíciles de imitar (Dierickx y Cool, 1989), y por ello se constituyen en fuentes

de ventajas competitivas (Wernerfelt, 1984; Barney, 1991 y 2001; Helfat y Peteraf, 2003). En ello se soporta la heterogeneidad competitiva entre las firmas, que está en el centro de esta perspectiva analítica. (Hoopes et al., 2003)

Sin embargo, este planteamiento es incompleto. Si bien la RBV reconoce que ese stock de recursos únicos es construido mediante un flujo de esfuerzos que es persistente en el tiempo, y que en un momento pueden tener un alto valor estratégico –como la marca, o la reputación– (Dierickx y Cool, 1989), se abstrae que esa construcción es fruto de esfuerzos articulados, de actividades y experiencias colectivas, esto es, del desarrollo de capacidades de la firma a lo largo del tiempo. Precisamente, el énfasis de la teoría evolutiva recae en las capacidades.

La teoría evolutiva explica ese proceso al señalar que como fruto mediante largos y arduos procesos de aprendizaje informal que son fruto de la experiencia (productiva, comercial, administrativa, innovativa, etc.) desarrolla y acumula conocimientos que han funcionado –y que constituyen el repertorio de soluciones de problemas–, y dan lugar a la formación de *rutinas*⁸ o patrones de acción que por ser compartidos y aceptados – institucionalizados– facilitan la coordinación, estabilidad y eficiencia operativa. (Nelson y Winter, 1982; Zollo y Winter, 2002; Becker, 2005)

Esas rutinas constituyen el núcleo de las *capacidades*, entendidas como las habilidades de una firma para realizar un conjunto coordinado de tareas, mediante el uso de (sus) recursos, para alcanzar un resultado (Helfat y Peteraf, 2003). Desarrollos posteriores

⁸ Existen tres definiciones de rutinas organizacionales, como: (i) patrones de conducta: acción e interacción, recurrentes; (ii) reglas: procedimientos operativos estándar, heurísticas, etc.; y (iii) disposiciones, hacia una conducta adquirida, que se activan por un determinado estímulo o contexto, y que, en otros términos, son capacidades comportamentales almacenadas. (Becker y Zirpoli, 2008; Hodgson y Knudsen, 2004)

precisan más esta noción cuando se define a la *capacidad organizacional* como la habilidad (*capacity*) “para ejecutar una actividad particular de una manera confiable y, al menos, mínimamente satisfactoria” (Helfat y Winter, 2011, p. 1244). Así se destaca que la capacidad tiene un propósito específico que implica llevar a cabo una actividad de manera repetida y confiable, y que esto contrasta con una actividad *ad hoc*, que no refleja un patrón de conducta.

En esos aprendizajes informales, tácitos e idiosincráticos producto de la historia particular de la firma, se encuentra el núcleo de los conocimientos acumulados, de las rutinas y capacidades específicas que pone en acción en un momento determinado; se encuentran las fuentes de las diferencias –heterogeneidad– en las capacidades y en la competitividad de las firmas y, sobre todo, en el componente tácito e idiosincrático de esos conocimientos y capacidades se hallan las razones de la inimitabilidad en que se sustentan las ventajas competitivas, en dicho momento del tiempo. Por ser el resultado de la historia de la firma, esas capacidades son *path dependent*. Y por eso afectan el futuro de las firmas, pues incluso frente a las mismas señales del mercado, la firma las capta y reacciona ante ellas de manera distinta. De ese modo, se configuran y explican trayectorias tecnológicas y productivas distintas y específicas a cada firma. Esto también explica por qué difieren las firmas (Nelson, 1991 y 2008; Nelson y Winter, 1982; Winter, 1984; Dosi y Nelson, 2010). En otras palabras, aquí radica la explicación de la heterogeneidad micro⁹.

⁹ Las rutinas –en que se basan las capacidades– producen inercias y rigideces en las firmas que dificultan su adaptación a cambios repentinos y disruptivos del entorno, que exigen transformarlas (Leonard-Barton, 1992). Esto provocó críticas que dieron origen a la noción de capacidades dinámicas, definidas por Teece, Pisano y Schuen (1997) como las habilidades de la firma para integrar, construir y reconfigurar recursos internos y externos para enfrentar entornos que cambian rápidamente; para cambiar sus capacidades

Esos planteamientos muestran por qué la teoría evolutiva también al nivel de la firma constituye una teoría de proceso, que da cuenta de la dinámica de la conformación y desarrollo de las capacidades competitivas, tecnológicas y de innovación; en lo que han insistido sus autores centrales (Nelson y Winter, 2002; Nelson, 2012). En consecuencia, esto reclama análisis longitudinales y específicos –estudios de caso– para aproximarse a esa problemática y a la construcción de una teoría dinámica de la firma (Nelson, 2008; Dosi y Nelson, 2010). Esto plantea una dificultad muy grande para estudios –como el que aquí nos ocupa– sobre la heterogeneidad de las firmas al nivel inter e intraindustrial, que para captarla acuden a comparaciones de carácter transversal entre las distintas industrias y firmas del sector manufacturero en un momento determinado del tiempo.

Esa problemática es similar en los estudios sobre la estrategia, que se abordan con enfoques centrados en el proceso estratégico. Allí, para enfrentar esa dificultad se acude a la teoría de las prácticas, esto es, a una “teoría de la varianza”. Al considerar las estrategias como prácticas institucionalizadas que se despliegan en las actividades que constituyen los procesos, se facilitan análisis empíricos para estudiarlas de múltiples maneras y efectuar comparaciones entre esas prácticas sociales en distintos contextos y momentos del tiempo, analizar el papel de los actores –y sus vínculos– e instituciones que concurren en ellas, así como los desempeños alcanzados. (Whittington, 2007)¹⁰

operativas (Zollo y Winter, 2002; Winter, 2003). Por los objetivos específicos de este estudio, esa temática escapa a sus alcances.

¹⁰ Esta aproximación tiene importantes similitudes con la propuesta de Pentland, Feldman, Becker y Liu (2012), sobre la acción como microfundamento de las rutinas y capacidades, pues, “las acciones son las cosas que los actores hacen (...), y se refieren a las etapas en un proceso para realizar una tarea organizacional” (ibíd., p. 1484). Esas acciones, que las realizan actores humanos y no humanos (artefactos materiales y también simbólicos, como reglas escritas y procedimientos), permiten un acercamiento –asociado con las teorías de la práctica– que evita dar primacía a un actor sobre otro (como sucede con el voluntarismo o el determinismo tecnológico). Consideran, además, que la acción en sí misma es la base

Las prácticas institucionalizadas, no solo constituyen –se despliegan en– las rutinas sino que permiten evaluar los recursos y capacidades activados en los procesos innovativos y, lo que es más importante, efectuar comparaciones entre industrias y firmas que dan cuenta de las diferencias entre ellos y en los desempeños alcanzados. En síntesis, permiten ahondar en ellos y en la comprensión de la heterogeneidad inter e intraindustrial.

Pero esa mirada como la que se hace desde la perspectiva de los recursos y desde las distintas aproximaciones a las capacidades tecnológicas e innovativas tienen en común, el que son convencionales en el sentido de que si bien aluden al contexto y al desempeño, centran su análisis en un solo nivel, el de la firma –en este caso– o la industria –en otros casos–. Y si bien estos análisis permiten evaluar los recursos y las capacidades, así como la innovatividad de las firmas, y por esa vía explicar buena parte de la heterogeneidad en la innovación, todos asumen un supuesto implícito: el impacto de esos recursos y capacidades individuales sobre el desempeño es similar en las distintas industrias.

Por ello, aquí en un primer momento se abordará el efecto individual de aquellos recursos y capacidades que teóricamente –y respondiendo al principio de la parsimonia– pueden dar cuenta de la heterogeneidad en las características y desempeños innovadores de las firmas pero, en seguida, en un segundo momento, se tendrá en cuenta los efectos diferenciados de dichos recursos y capacidades sobre el desempeño innovador al nivel de las distintas industrias; es decir, se ahondará en la incidencia del entorno –tecnológico e industrial– en ese vínculo entre los recursos y capacidades individuales y los desempeños.

significativa y observable de las rutinas y capacidades. Por lo tanto, enfocarse en la acción –prácticas– proveería una fundamentación útil y parsimoniosa para una teoría de las rutinas y capacidades organizacionales.

Introducir y avanzar en el análisis de esa aleatoriedad en dicho vínculo, permite avanzar frente a la literatura existente, a fin de dar cuenta del fenómeno de la heterogeneidad.

1.3.2. Los recursos como fuente de heterogeneidad innovativa

Al estar centrada en la estrategia, la RBV hace aportes sustanciales a la explicación de la heterogeneidad competitiva de firmas que compiten al interior de una industria y en un mismo mercado. Cuando la firma desarrolla a su interior recursos que son valiosos, y que son raros, insustituibles y muy costosos de imitar, se genera una ventaja competitiva, que es mayor cuando hay ambigüedad causal, intangibilidad o complejidad social en la construcción de dichos recursos. Es decir, la construcción y acumulación endógena de recursos que no se consiguen –transan– en el mercado genera imperfecciones en el mercado de factores, que se transfieren al mercado de productos (Barney, 1986; Dierickx y Cool, 1989; Barney, 2001; Barney y Mackey, 2016), explicándose así no solo la heterogeneidad competitiva sino su persistencia; por lo costosa y demorada que resulta la imitación por los competidores.

La complejidad y los tácitos –ambigüedad para terceros–, y la subsecuente dificultad para la imitación, son mayores en el caso de las capacidades –donde se concentra la teoría evolutiva–. De hecho, los recursos –p. ej. humanos– se articulan con artefactos y procedimientos –dos tipos de tecnología– decantados por las experiencias compartidas, dando lugar a un conjunto de prácticas institucionalizadas y repetidas –rutinas– que definen las formas específicas –idiosincráticas– de hacer las cosas –los productos– en la firma, es decir, sus capacidades (Dosi y Nelson, 2010; Nelson y Sampat, 2001). Cuando el ensamble de ese conjunto de recursos, prácticas y rutinas da lugar a productos y/o formas de entregarlos con atributos que los tornan superiores a los de los competidores, se configuran capacidades –distintivas– que por su complejidad y los tácitos propios de su

carácter idiosincrático son muy difíciles de interpretar e imitar, y por ello son fuente de ventajas competitivas, expresadas en rendimientos anormales altos y sostenidos (Barney, 1992 y 2001), como lo comprobaron Bou y Satorra (2007). Para nuestro caso, son fuente de una alta y persistente heterogeneidad competitiva entre las firmas.

En el ámbito de la innovación cabe esperar una heterogeneidad entre las firmas igual o tanto mayor que la existente en el ámbito competitivo. Las razones son múltiples. Como se dijo antes, la más básica –y prosaica quizá– es que la innovación como estrategia para competir es una opción, mientras que el desarrollo de las capacidades de producción y de comercialización es inevitable; incluso si la firma prefirió la innovación a la imitación, puede optar por desarrollar capacidades tecnológicas que le permitan asumir el papel de líder tecnológico (Freeman, 1974) o el de seguidor; puede basarse en el desarrollo de sus capacidades endógenas de I+D u optar por apalancarse en otros actores –como universidades o centros de investigación–, o acudir a diferentes opciones de innovación abierta; puede optar por desarrollar sus capacidades de exploración y detección de oportunidades de innovación (March, 1991; Teece, 2009), o basarse más en sus propias capacidades de experimentación y explotación de sus recursos y capacidades internas. Incluso si dos firmas compiten al interior de una industria, en el mismo mercado, es decir, elaboran productos parecidos y para elaborarlos también cuentan con recursos similares, es probable que las recetas utilizadas sean muy distintas y los productos difieran de manera significativa en su valor para el consumidor; incluso, si la receta fuera similar es probable que su maestría –para innovar en este caso– sea muy distinta y los resultados obtenidos también. (Dosi y Nelson, 2010)

Por todo lo anterior, cabe esperar una alta heterogeneidad en el ámbito de la innovación, y en esa dirección apunta la evidencia existente, tanto en los países desarrollados como en los países latinoamericanos. De hecho, en los primeros el grueso de los gastos en innovación y las innovaciones obtenidas se concentra en un porcentaje muy pequeño de firmas (Arundel, Bordoy y Kanerva, 2008; Dosi et al., 2010); en los segundos, la inmensa mayoría de las firmas no realizan actividades de innovación o sus innovaciones son de carácter incremental, y el número de firmas que lo hacen de manera sistemática es mucho más reducido. (Malaver y Vargas, 2004 y 2013; Dini y Stumpo, 2011)

En razón de los objetivos de este trabajo y cuidando el principio de la parsimonia, aquí se ahondará en la identificación de los recursos y capacidades tecnológicas y de innovación que permitan captar las *características específicas* de las firmas con mayor incidencia en sus desempeños en materia de innovación; en otros términos, en las principales fuentes – específicas– micro de heterogeneidad¹¹.

En el análisis que en un determinado momento pueda hacerse sobre la heterogeneidad en la innovación en las firmas, dos *recursos* son fundamentales: los recursos humanos y las infraestructuras tecnológicas específicas de los que disponen las firmas para innovar. En relación con los recursos humanos, cabe advertir que las capacidades de innovación –y de absorción– de una firma dependen del conocimiento acumulado en su historia –son *path dependent*–, el cual incide además en su aprendizaje futuro. Tal como lo señalan Cohen y Levinthal (1990) ese conocimiento acumulado constituye las *condiciones de partida* existentes para los procesos de innovación. Por ello, contar con recursos humanos con

¹¹ Esto se hará en seguida desde una perspectiva convencional, que permite identificar las variables o factores micro con mayor incidencia en la innovación y, luego, en el acápite siguiente se considera la incidencia del entorno –aleatoriedad– sobre las principales variables identificadas.

conocimientos y habilidades obtenidas de su educación formal y de su experiencia práctica, que los habilitan para identificar oportunidades de innovación derivadas de los cambios en el entorno –científico, tecnológico y del mercado– y realizar con solvencia actividades de innovación, redundando en mejores resultados en materia de innovación en las firmas.

En consecuencia, es plausible esperar que los distintos niveles de desarrollo de los recursos humanos con que cuentan las firmas incidan de manera significativa en las variaciones en sus desempeños innovadores.

En el mismo sentido, contar con infraestructuras tecnológicas –como departamentos de I+D o sustitutos, como los diseño o ingeniería y desarrollo– revelan no solo la preexistencia de artefactos para innovar, indican además que las firmas se han organizado formalmente para adelantar de manera sistemática sus actividades de innovación y que a través de ellas se han acumulado aprendizajes y habilidades que, según su nivel de desarrollo, inciden en sus desempeños innovadores. (Lazaric, 2011; Becker y Lazarick, 2009; Pentland y Feldman, 2008; Winter, 2013)

El efecto de dichas infraestructuras en las diferencias en las innovaciones obtenidas por las firmas es alto en el corto plazo debido a que en ese período es poco probable construirlas, de modo que se modifiquen de manera significativa su stock de recursos –en términos de Dierickx y Cool (1989)– o su base de recursos –en términos de Teece (2009)– y, menos aún, derivar de tales cambios diferencias significativas en sus aprendizajes y en su desempeño innovador (Dosi y Nelson, 2010). En contextos de bajo desarrollo tecnológico, como el colombiano y la IByC en particular, donde la innovación no es la base de las apuestas estratégicas de las firmas (Malaver y Vargas, 2004 y 2013),

ni se han organizado para ello, es posible esperar que la incidencia de contar o no con tales infraestructuras en el desempeño innovador sea bastante significativa.

En razón de lo anterior, cabe esperar que las diferencias en las infraestructuras para la innovación de que disponen las firmas incidan en la heterogeneidad en sus desempeños innovadores. No obstante, la contribución de los recursos –humanos y de las infraestructuras– a la heterogeneidad de la innovación y sus efectos en los desempeños innovadores es afectada por el contexto tecnológico y organizacional que caracteriza a la IByC. Contexto que se expresa en las características predominantes de los procesos de innovación. Como se sostiene en esta tesis, ese contexto está caracterizado por el predominio de industrias con bajo desarrollo tecnológico, una actividad innovativa que es poco intensiva en el uso del conocimiento científico, y que es episódicas; y también es caracterizado por unos procesos de innovación en los que predomina la informalidad y los aprendizajes provenientes de la experiencia, es decir, de la práctica. En ese contexto es bajo el nivel de desarrollo de las capacidades tecnológicas y de innovación.

En tal escenario, en el que es minoritario el núcleo de firmas con esfuerzos y arreglos organizacionales propicio para el desarrollo de los recursos y de las capacidades para innovar, es esperable que el potencial estratégico de los recursos vea obstruido su despliegue. Ese potencial se materializa de manera efectiva cuando se articulan con otros, en el desarrollo de actividades conjuntas, orientadas a obtener resultados tecnológicos concretos, es decir, cuando se incorporan de manera efectiva en el despliegue de las capacidades innovativas de las firmas. Ese no parece ser el caso en la IByC, donde como se ha señalado, incluso en las firmas que hacen I+D es poca la investigación que se hace

y, en consecuencia, son poco propicios los procesos de innovación para aplicar y desarrollar los conocimientos científicos y tecnológicos.

Por lo anterior, es plausible esperar que:

H3: LOS RECURSOS –HUMANOS Y TECNOLÓGICOS– INCIDEN DE MANERA SIGNIFICATIVA EN LOS DESEMPEÑOS INNOVADORES DE LA FIRMA PERO SU CONTRIBUCIÓN A LA HETEROGENEIDAD INNOVATIVA ES BAJA.

1.3.3. *Capacidades de innovación como fuente de heterogeneidad innovativa*

Desde una aproximación concordante con la teoría evolutiva, esto es, desde una perspectiva dinámica de la innovación, es fundamental el análisis de los *procesos de innovación* pues es en ellos donde se generan los aprendizajes y se construyen, así sea de manera tácita, los acuerdos sobre las mejores maneras de hacer las cosas, esto es, las rutinas que constituyen el *core* de las capacidades de innovación de las firmas (Nelson y Sampat, 2001; Dosi y Nelson, 2010; Nelson y Winter, 2002). Los conocimientos acumulados, que son idiosincráticos –por ser resultado de esos procesos particulares de aprendizaje informal–, que subyacen y que se expresan en las formas específicas (diferenciadas) de innovar en cada firma, están en la base de la heterogeneidad innovadora¹². De ese modo, para los análisis realizados en un momento determinado, las prácticas –decantadas– a través de las cuales las firmas realizan sus actividades de innovación, permiten abstraer las particularidades y concentrarse en las prácticas que les son comunes (Whittington, 2007); por esta vía, la indagación aporta evidencias tanto de sus distintas capacidades de innovación como de las diferencias en sus formas de innovar,

¹² Por el carácter transversal de este estudio, la evaluación de las rutinas y de la evolución de las capacidades de innovación escapa a sus alcances; hacerlo implicaría adelantar estudios longitudinales e individuales, que permitiría conocerlas a profundidad, pero ello ayudaría poco a la comparación, que implica abstraer lo que les es común a ellas.

y así es posible indagar sobre su incidencia específica en el desempeño innovador de las firmas.

Al respecto, aquí se considera que al evaluar las actividades de innovación que son vitales para innovar –como el diseño o la ingeniería–, las diferencias derivadas de hacer o no hacer I+D es fundamental pues esto pone en juego un conjunto de prácticas que dan lugar a formas de innovar muy distintas. Y estas se convierten en una fuente fundamental de heterogeneidad debido a que en unos casos propician el desarrollo de rutinas y capacidades y en otros no, y ello incide en el desarrollo de habilidades para innovar –innovatividad– muy distintas entre las firmas.

Por esas razones, entre las actividades de innovación desplegadas en los procesos de innovación la I+D es la más importante. Esta conlleva arreglos organizacionales orientados a realizar esta actividad de manera permanente y sistemática, esto es, a desarrollar capacidades. Según el Manual de Frascati (OECD, 2015), las actividades de innovación sea de I+D deben ser novedosas, creativas, inciertas –en cuanto al resultado final–, sistemáticas –planeadas, recurrentes, siguen un proceso explícito y registrado– y con resultados transferibles. Esa visión de la I+D concuerda con los componentes que, en rigor, constituyen una rutina, esto es, acciones que son repetitivas, interdependientes, reconocibles y realizadas por múltiples actores (Pentland, 2011). Y el ensamble de un conjunto de rutinas para el logro de un objetivo más general, como obtener una innovación –en nuestro caso–, configuran una capacidad organizacional. (Dosi y Nelson, 2010)

Innovar a través de la I+D hace parte de un conjunto de condiciones que facilita el aprendizaje y la acumulación de conocimientos, así como el desarrollo de capacidades internas para innovar. Adicionalmente, facilita apropiar y acceder al nuevo conocimiento

científico –a un conocimiento que es causal, explícito y codificado– y a las nuevas tecnologías, e identificar en los avances científicos y tecnológicos nuevas oportunidades para innovar (Jensen et al., 2007; Dosi y Nelson, 2010), especialmente, en las industrias *technology driven*, que es donde la innovación es el factor que más impulsa la competencia y la dinámica industrial. (Nelson y Winter, 2002)

También permite a la firma articularse a una mayor cantidad de actores y fuentes de innovación, que las firmas que no adelantan esta actividad, como veremos enseguida. De esa manera, cabe esperar que la I+D produzca el desarrollo de mayores capacidades endógenas para innovar en las firmas e, igualmente, para apalancar en el entorno sus recursos y capacidades. De allí resulta plausible esperar que las firmas que innovan a través de esta actividad tengan una mayor innovatividad que las que no. Por lo tanto, esta se convierte en una importante fuente de heterogeneidad en la innovación.

La literatura ha mostrado que además de la I+D como vía para la acumulación y acceso a conocimientos causales, explícitos y codificados, las firmas también aprenden e innovan a través de otras actividades de innovación. En efecto, como lo han planteado Jensen et al. (2007), y lo ha comprobado otra importante cantidad de trabajos (Arundel, Bordoy y Kanerva, 2008; Frenz y Lambert, 2011; Parrilli y Elola, 2012) las firmas también desarrollan sus conocimientos y habilidades para innovar mediante el *learning by doing*, *using and interacting*, esto es, como fruto de los aprendizajes tácitos derivados de su propia experiencia y de la derivada de su interacción directa con otros actores ligados principalmente con el mercado. De ese modo actividades de innovación distintas a la I+D (como el diseño, la compra de maquinaria y equipo, o las actividades de ingeniería), juegan un papel fundamental en sus procesos de innovación y en los resultados obtenidos.

Esas actividades revelan la existencia de maneras o modos de innovar distintos a los centrados en la I+D. Por lo tanto, esas otras actividades de innovación en sí mismas constituyen una fuente significativa de heterogeneidad innovativa; además, al estar centradas en los aprendizajes informales derivados de la experiencia particular de la firma, se acentúa el carácter tácito –producido por las vivencias personales y compartidas (Nonaka y Takeuchi, 1994)– e idiosincrático de sus conocimientos, y esto las torna más incomprensibles e inimitables por otras firmas. De ese modo, la habilidad para innovar es muy variada y esto se constituye en una fuente significativa de heterogeneidad innovadora. No solo eso sino que, además, es la fuente más extendida dado que en contextos como el de la IByC, esas otras actividades de innovación constituyen el modo predominante de innovar. (Malaver y Vargas, 2004; 2011)

Pero no obstante lo anterior, debe advertirse que muchos de los esfuerzos y actividades de innovación de las firmas están orientados a adaptar las tecnologías y productos creados en otros contextos a las características de su propio contexto –a sus plantas y procesos de producción, y a sus mercados– y en, consecuencia, la inmensa mayoría de las firmas obtienen innovaciones incrementales –difusivas– o, en otros términos, con muy poco grado de novedad (Malaver y Vargas, 2011; 2013). De ese modo, en las condiciones actuales de la IByC, de ella no pueden esperarse innovaciones disruptivas, nuevos productos o procesos con un nivel de originalidad –inventiva– que se traduzca en la obtención de patentes, y solo en pocos casos que sean nuevas para los mercados internacionales. Cabría esperar, más bien, innovaciones dentro de un rango de variación en la novedad relativamente pequeño. Por ello, es bastante probable que aunque sean una fuente significativa de heterogeneidad en el comportamiento y desempeño innovador de

las firmas, la contribución de estas otras actividades de innovación sea inferior a la derivada de las actividades de I+D+i.

Por lo expuesto, innovar con o sin I+D, da cuenta de la existencia de formas distintas de innovar. Estas no solo se constituyen en fuente de heterogeneidad, sino que además, cabe esperar que la innovatividad de las firmas que hacen I+D sea superior a las firmas que no lo hacen. De todo ello se desprende una alta probabilidad de que esta actividad sea el factor individual que más contribuye a la heterogeneidad en el desempeño innovador de las firmas, en la IByC. En consecuencia, es plausible afirmar, a título de hipótesis, que:

H4A: LA ACTIVIDAD DE I+D ES LA –MAYOR– FUENTE ESPECÍFICA DE HETEROGENEIDAD QUE MÁS INCIDE EN LAS VARIACIONES DEL DESEMPEÑO INNOVADOR DE LAS FIRMAS

Cabe advertir, sin embargo, que en contextos de bajo desarrollo tecnológico, como la IByC, la I+D está orientada en pocos casos a la investigación aplicada y mucho menos a la investigación básica. Esta está orientada casi en su totalidad al desarrollo (mejoras y adaptaciones) de productos y procesos desarrollados en otros contextos (Malaver y Vargas, 2006 y 2013). Esto limita la amplitud de la heterogeneidad entre las dos formas de innovar arriba mencionadas.

Al interior de las industrias es posible identificar una segunda dimensión de la heterogeneidad: la que se configura por las diferencias en la innovatividad entre las firmas que operan al interior de cada una de los grupos conformados por las dos formas de innovar –con y sin I+D–. En el primer caso, estas provienen del nivel de desarrollo de los recursos, de los esfuerzos y de las capacidades de innovar, que es diferenciado entre las firmas. Si bien en este caso hay un componente relativamente común –el conocimiento científico y tecnológico, que es explícito y codificado–, también existe un conocimiento

tácito, que es específico a la firma, y que es derivado de su particular experiencia práctica (Feldman y Pentland, 2003; Becker y Zirpoli, 2008; Feldman et al., 2016). Esto es una fuente clara de heterogeneidad.

En el caso de las firmas que innovan sin I+D, esto es, de manera informal, y que constituyen la mayoría en la IByC, el conocimiento y habilidades para innovar resultan de su experiencia. De esta manera, sus conocimientos tienen un carácter tácito, son específicos a la firma, son además idiosincráticos, y por lo mismo, poco comprensibles e imitables por otras firmas (Dosi y Nelson, 2010). Esto se traduce en habilidades para innovar muy diferenciadas, es decir, en una nutrida heterogeneidad. Podría afirmarse que por su naturaleza, la heterogeneidad innovativa es un rasgo consustancial a los procesos de innovación caracterizados por su informalidad. Por ello cabe esperar que:

H4B: EXISTE UNA HETEROGENEIDAD ENTRE EN LAS FIRMAS QUE INNOVAN CON I+D COMO ENTRE LAS FIRMAS QUE INNOVAN SIN I+D QUE INCIDE EN LAS VARIACIONES EN SU DESEMPEÑO INNOVADOR

Si estas dos hipótesis se validan empíricamente, se confirmará que las actividades de innovación se constituyen en una doble y significativa fuente de heterogeneidad: la que se deriva de las habilidades de las firmas para adelantarlas y la que se deriva de la existencia misma de las distintas maneras de innovar, esto es, las centradas en la I+D+i y las que innovan sin acudir a ella. Lo más significativo es que estas últimas actividades y modo de innovar predominan en la IByC y en Colombia en general (Malaver y Vargas, 2013 y 2004), y que ello ocurre incluso en las industrias que en principio están llamadas a ser *technology driven* convirtiéndose así en una profunda fuente de heterogeneidad al nivel intraindustrial.

En un nivel más general, la validación de dichas hipótesis confirmaría que las apuestas y el riesgo tecnológico no son los principales motores de la innovación, ni el principal driver de la evolución industrial, y que otros factores y actores ligados al mercado jugarían un papel fundamental, como bien lo señalan autores centrales de la teoría evolutiva (Nelson y Winter, 2002); autores que además indican que en tal escenario ésta hoy tiene muy poco que decir. Esto, significaría que los aprendizajes informales y los tácitos conformarían la parte más sustancial de sus conocimientos y habilidades, y esto es una fuente particular de heterogeneidad persistente (Dosi y Nelson, 2010; Dosi et al., 2010). Pero esto también significaría que la innovación con altos grados de novedad sería más bien excepcional y que, en consecuencia, su variabilidad se movería en unos rangos o franjas relativamente pequeños de innovaciones –incrementales–.

Otra actividad fundamental en los procesos de innovación, aunque de naturaleza distinta a las analizadas arriba, está relacionada con establecer *vínculos* para adelantarlos. Esta permite a la firma acceder a conocimiento externo, bien sea para identificar oportunidades de innovación o para realizar las actividades de I+D requeridas para materializarlas. Por tanto la habilidad de la firma para establecer esos vínculos da cuenta de su capacidad para apalancar y potenciar sus recursos y capacidades endógenas de innovación.

Una firma con capacidad para explorar e identificar nuevos conocimientos científicos y/o tecnologías, o disrupciones en el mercado, con la capacidad para darles sentido y detectar allí oportunidades de innovación (March, 1991; Teece, 2014) tendrá mayores posibilidades de efectuar innovaciones con alto grado de novedad que otra que carezca de esa capacidad o tenga menores habilidades para hacerlo. En igual sentido, firmas que tengan capacidad de establecer vínculos directos con actores del sistema científico,

tecnológico y de mercado, para la obtención de sus innovaciones, tendrán ventajas sobre aquellas que carezcan de tal capacidad o las hayan desarrollado menos.

De ese modo, las capacidades para establecer vínculos constituyen una fuente de heterogeneidad que, por lo demás, resulta persistente cuando la información y la perspectiva de análisis es el corto plazo. Esto se debe a que en su desarrollo concurren aprendizajes, conocimientos y habilidades de distinta naturaleza. Por ejemplo, para explorar en el entorno por los avances en la ciencia y la tecnología se requiere dominar la lógica, lenguaje y códigos del conocimiento científico, tener recursos y habilidades para acceder a bases de datos de acceso público –como las de WoS y Scopus, o las de patentes– y procesar grandes cantidades de información mediante software especializado –Mateo Analyzer, Vantage Point, Gold Fire, Mateo Patent, etc.–; o para establecer vínculos con actores del entorno científico y tecnológico, como grupos de investigación, centros de investigación o de desarrollo tecnológico, miembros de las comunidades profesionales (Dosi y Nelson, 2010). Una firma sin recursos y capacidades para acceder a esas fuentes de información sobre los nuevos conocimientos y tecnología y para establecer vínculos con actores del entorno científico y tecnológico, difícilmente podrá desarrollarlos en el corto plazo; menos si, por ejemplo, esa firma no ha efectuado actividades de I+D, como se infiere de Cohen y Levinthal (1990).

En el caso de la IByC, donde las firmas están alejadas del núcleo de los paradigmas y regímenes tecnológicos; donde desde la perspectiva de Pavitt (1984) es escaso el desarrollo de las industrias intensivas en el uso de la ciencia y de la tecnología para innovar; donde es poco el avance de los recursos y capacidades de I+D y la generación de innovaciones con alto grado de originalidad –revelado en el escaso número de patentes

obtenidas– (Malaver y Vargas, 2006 y 2013); donde ha sido débil el vínculo de la universidad y la empresa, y de las firmas innovadoras con los grupos de investigación, los centros de investigación y los centros de desarrollo tecnológico existentes (Durán, Ibañez, Salazar y Vargas, 1998; Malaver y Perdomo, 1997; Malaver y Vargas, 2006; 2013), cabe esperar, en consecuencia, que:

H5A: LOS VÍNCULOS CON LOS ACTORES DEL ENTORNO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO (UNIVERSIDADES, CENTROS Y/O GRUPOS DE INVESTIGACIÓN) NO CONSTITUYEN UNA FUENTE SIGNIFICATIVA DE VARIACIONES EN EL DESEMPEÑO INNOVADOR DE LAS FIRMAS.

Las capacidades para establecer vínculos también son fuente de heterogeneidad en el sentido expuesto por Chen, Chen y Vanhaverbeke (2011), esto es, que las firmas privilegian (o deberían privilegiar) los vínculos más acordes con su modo de innovar; por lo tanto, se espera que firmas que innovan mediante las actividades de I+D, se vinculen con fuentes y actores de la CTI, y que además, lo hagan con otros actores del mercado. Pero como se ha argumentado, no todas las firmas innovan a través de la I+D, e incluso en algunas industrias no necesariamente tendrían que hacerlo a la manera de las industrias *technology driven*, o de vincularse con fuentes de información y actores pertenecientes al ámbito de la ciencia y la tecnología. Si su innovación está basada en los aprendizajes y creatividad desarrollados a partir de su experiencia y de su interacción directa con actores adscritos al mercado, de acuerdo con los planteamientos de Chen et al. (2011) sería más eficiente desarrollar sus capacidades para establecer vínculos con fuentes y actores del mercado.

En concordancia con lo anterior, si en el caso que de la IByC es acentuado el predominio de la adopción y de la adaptación de las nuevas tecnologías (desarrolladas en otros contextos) como vía para la innovación –de carácter difusivo e incremental– (Malaver y

Vargas, 2006 y 2013), es bastante probable que, en consecuencia, se establezca una intensa interacción con actores (consultores, proveedores, asesores, consumidores, otras firmas) vinculados al mercado, para acceder a dichas tecnologías y adecuarlas mejor a su entorno de aplicación; cabe esperar además que el acceso y uso temprano de algunas de ellas resulte innovador en dicho contexto. Por lo tanto, se esperaría no solo una relación intensa de las firmas con dichos actores, sino que las diferencias en las habilidades para realizarla tengan una significativa incidencia en sus desempeños innovadores. En síntesis, cabe esperar que:

H5B: LOS VÍNCULOS CON LOS ACTORES DEL MERCADO (CLIENTES, PROVEEDORES Y COMPETIDORES) CONSTITUYEN UNA FUENTE IMPORTANTE DE HETEROGENEIDAD EN EL DESEMPEÑO INNOVADOR DE LAS FIRMAS.

Si estas hipótesis se validan se confirmaría que el desarrollo de la habilidad para establecer vínculos en búsqueda de apoyos para los procesos de innovación es una vía para apalancar y potenciar los recursos y capacidades de innovación endógenos de la firma y que, en consecuencia, esta capacidad se convertirá en fuente primordial de desempeños superiores de las firmas frente a aquellas con capacidades endógenas similares, pero con menores capacidades para apoyarse en fuentes o redes externas de innovación¹³. En tal sentido firmas con mayor cantidad y variedad de actores, y con relaciones más intensas y profundas, tendrán ventajas frente a las firmas (competidoras) que verán potenciadas sus capacidades para identificar oportunidades para innovar y para materializarlas. Y que los diferentes niveles de avance en el desarrollo de esas capacidades será una fuente importante de heterogeneidad.

¹³ En un sentido más amplio, el desarrollo de este tipo de vínculos se ha convertido en un mecanismo a través del cual se erosionaron las economías de escala y alcance que fueron la base de la competitividad en el siglo XX. (Teece, 2011)

Si se validan, esas hipótesis también contienen un matiz para el caso de la IByC que, sin embargo, no contradice el planteamiento teórico subyacente, a saber: firmas que realicen actividades de I+D y que en concordancia con ello puedan acceder con solvencia a fuentes de información y a actores del entorno científico y tecnológico para innovar, también tendrán la necesidad y capacidad de establecer vínculos con fuentes y actores adscritos al mercado, y en consecuencia, establecerán una mayor variedad de vínculos que las firmas que, en razón de sus modos de innovar, solo los establecen con estos últimos, y que debido a ello tendrán ventajas que se traducirán en mejores desempeños innovadores, como lo mostraron Jensen et al. (2007). De esta forma, el impacto de las capacidades de estas firmas sobre el desempeño –y la heterogeneidad– innovador es significativamente alto. El matiz explícito y expresado en la hipótesis H5A, se refiere a que en el caso de la IByC esto no se cumple debido a que solo un núcleo muy pequeño de firmas –incluso entre las que hacen I+D–, se vincula con actores del entorno científico y tecnológico, tanto por razones históricas como por su escaso avance en sus esfuerzos y capacidades de innovación.

1.4. La interacción entre los niveles meso – micro y la heterogeneidad innovativa

Hasta aquí se ha ahondado en el análisis del efecto individual de aquellos recursos y capacidades que teóricamente –y respondiendo al principio de la parsimonia– están llamados a dar cuenta de la heterogeneidad en las características y desempeños innovadores de las firmas pero, desde una aproximación convencional, esto es, asumiendo el supuesto implícito de que esos efectos son iguales –fijos– en todas las industrias. Por ello, enseguida se introduce la indagación por los efectos –diferenciados– al nivel de las distintas industrias en que se desenvuelven las firmas; en otras palabras, por la incidencia

del entorno –tecnológico e industrial– en el vínculo entre los recursos y capacidades individuales –específicos– y los desempeños innovadores. Esto significa considerar la posibilidad de la aleatoriedad en dicho vínculo y esto permitirá avanzar –frente a la literatura existente– en el propósito de dar cuenta del fenómeno de la heterogeneidad en la innovación.

Para ello, en concordancia con lo planteado, cabe esperar que la I+D tenga la mayor incidencia en los desempeños innovadores y en sus variaciones –heterogeneidad–, así atendiendo el principio de parsimonia, se establecerá si la incidencia de la I+D cambia de una industria a otra o, lo que es lo mismo, si el efecto de la I+D en el desempeño innovador cambia según el contexto –industrial y tecnológico– en que se desenvuelven las firmas.

En principio, de la literatura sobre los paradigmas y regímenes tecnológicos y, en términos más generales, en las industrias que son *technology driven* –como la industria farmacéutica, la microelectrónica de consumo masivo, o las de proveedores especializados– cabe esperar una mayor incidencia de la I+D. Debido a que en ellas, los nuevos conocimientos y las nuevas tecnologías inciden de manera directa o se generan y, en consecuencia, se constituyen en motor de la dinámica de la competencia y de la evolución industrial, las firmas que están agenciando o están más directamente relacionadas con estos cambios generarán innovaciones disruptivas o con altos grados de novedad, y la I+D es la actividad a través de la cual obtendrán dichas innovaciones (Breschi et al., 2000; Nelson y Winter, 2002; Dosi y Nelson, 2010). Al interior de esas industrias, ese núcleo de firmas se colocará en una orilla de la innovación de la industria, mientras en la otra se situarán las firmas que han optado por la imitación –creativa–, la

cual obtienen sin tener que recurrir necesariamente a la I+D; y entre esos dos polos se ubicarán el resto de firmas. Por lo tanto, la I+D no solo es la actividad principal a través de la cual se obtendrán las innovaciones más importantes, sino que la habilidad para desarrollarla será la principal causante del éxito innovador y competitivo, y de una alta heterogeneidad.

En las industrias donde la innovación no es el principal driver de su evolución, como las dominadas por el proveedor –confecciones; cuero, calzado y marroquinería, o la fabricación de muebles de madera, etc.–, la I+D no jugará un papel tan importante, pues la mayoría de las firmas, incluso las innovadoras, no realizan esta actividad o si lo hacen no cabe esperar que la habilidad para realizarla tenga un efecto tan importante –como en las industrias señaladas arriba– en materia de la innovación alcanzada. Esto entre otras cosas, porque los conocimientos aportados por la experiencia o los vínculos con actores pertenecientes al mercado jugarán un papel tanto o más importante que la I+D; de ese modo determinan en buena medida la habilidad para innovar de las firmas y, debido a esto, se relativizará un poco la incidencia de la I+D en la innovación y en su heterogeneidad.

En el caso de la IByC, la situación es más compleja. Si bien, por un lado, los patrones señalados persisten, esto es, unas industrias *technology driven* donde el peso y contribución de la I+D a la heterogeneidad es muy alta y, otras, donde es menor debido a la importancia de otras actividades de innovación, y esto hace que la contribución de la I+D a la innovación cambie entre las diferentes industrias, por otro lado, en esa heterogeneidad incide la distancia frente al núcleo de los paradigmas y a la dinámica en la frontera de la innovación en los regímenes tecnológicos. Si bien podría especularse que,

en general, las firmas de las distintas industrias de la IByC están alejadas de los núcleos donde avanzan los nuevos paradigmas y tecnologías, y puede estarse más cerca de los sistemas tecnológicos en que se despliegan –o regímenes tecnológicos en la acepción de Dosi (1982) y Nelson y Winter, 1982–, aún en este caso es poca la investigación básica y aplicada orientada a aprovechar las potencialidades y oportunidades de innovación que generan esas nuevas tecnologías específicas, como se infiere del hecho que las patentes obtenidas son más bien la excepción. (Malaver y Vargas, 2011)

A pesar del atraso frente a los líderes tecnológicos en el mundo, en industrias como las *technology driven*, la innovación en la IByC no puede sustraerse a las lógicas de la innovación imperante en ellas. Al respecto es útil recordar la insistencia de Malerba (2004), en el sentido de que es mayor la diferencia entre las tecnologías y maneras de innovar entre las diferentes industrias en un país que entre países en las mismas industrias, donde las diferencias son más de grado. Por lo tanto, en dichas industrias, a semejanza de lo que ocurre en los países desarrollados, la I+D también está llamada a jugar un papel muy importante en términos de los desempeños innovadores alcanzados; y las firmas que innovan a través de ella tendrán mejor desempeño que las que no acuden a ella para innovar, que son muchas y en algunos casos son la mayoría. En las otras industrias, donde el predominio de las otras actividades de innovación es protuberante, y están basadas en aprendizajes informales y conocimientos tácitos e idiosincráticos, es probable que su incidencia en los distintos desempeños innovativos –en la heterogeneidad– sea menor. Debido a lo anterior es plausible esperar que:

H6: HAY DIFERENCIAS INTERINDUSTRIALES SIGNIFICATIVAS EN LA INCIDENCIA DE LA I+D AL DESEMPEÑO INNOVADOR DE LAS FIRMAS.

Si esta hipótesis es válida, se confirmará que la incidencia de la I+D al desempeño innovador varía de industria a industria; que su papel como fuente de heterogeneidad depende de la industria en que se evalúe; que es mayor en las industrias donde el papel de la CTI y el desempeño innovador es más alto; y que en consecuencia, es erróneo asumir, así sea de manera implícita, que su incidencia es la misma –es fija– en las distintas industrias.

El conjunto de las hipótesis anteriores está atravesado por un planteamiento tácito, que subyace en ellas, y es que al interior de las industrias coexisten firmas que innovan a través de la I+D con otras que lo hacen acudiendo a otras actividades de innovación y que, en consecuencia, esas distintas maneras de innovar coexisten. Si la hipótesis anterior se confirma, esto indicaría que esta coexistencia es una fuente de heterogeneidad, intraindustrial, que varía de industria a industria, y que no considerarlo introduce importantes sesgos en la interpretación de la innovación.

2. Metodología

En este capítulo se presentan: primero, la estrategia metodológica diseñada para alcanzar los objetivos de la Tesis; luego, la ficha técnica de la fuente de información empleada para la elaboración de la base de datos en que se soporta el análisis empírico, así como las variables utilizadas. Enseguida se detalla la técnica econométrica seleccionada para la validación empírica de las hipótesis formuladas; y por último, una breve caracterización de los sucesivos modelos multinivel utilizados para dicha validación.

2.1. Estrategia metodológica

En este acápite se exponen las consideraciones generales que permiten mostrar el objeto de estudio, las unidades de análisis y de observación, la naturaleza y alcance del estudio, así como la secuencia de la indagación teórica y empírica efectuada.

Como se ha señalado, el *objeto de estudio* de la tesis es la heterogeneidad innovativa, evaluada en las firmas, que constituyen *la unidad de análisis*. Los esfuerzos se concentran en la profundización y análisis de los factores que explican tal heterogeneidad, que se origina en las características que diferencian a las firmas, en la influencia de factores asociados al entorno industrial en que actúan, y en la interacción de esos dos ámbitos. Debido a esto, la investigación observa por separado a las industrias y a las firmas, y luego las articula analizando su interacción, para poder identificar la contribución de cada una de dichas fuentes a la heterogeneidad innovativa.

Para comprender ese fenómeno de la realidad –la heterogeneidad de la innovación– se acude a la teoría evolutiva –y en menor medida a la *Resource Based View* (RBV)–, debido a que en el núcleo de sus planteamientos se considera la heterogeneidad como una

característica central de las firmas, las industrias, las tecnologías y de la misma innovación. Por ello, se aplican sus conceptos y categorías centrales –como los regímenes tecnológicos, las rutinas o las capacidades–, para interpretar el fenómeno de la heterogeneidad. No obstante lo anterior, el análisis de la heterogeneidad se efectúa de manera tal que aporta evidencias para evaluar la capacidad de dicha teoría para explicar la realidad estudiada, su completitud y su consistencia interna. Esto se verá en la discusión sobre los hallazgos del estudio, y sus implicaciones constituyen un aporte a la teoría.

Esa aplicación de la teoría y de la generación de elementos para evaluar su capacidad explicativa, cobra total sentido cuando el fenómeno de la heterogeneidad aquí se extiende a un contexto distinto –el de la IByC– al que dio origen tanto a la teoría evolutiva como a los estudios previos sobre la heterogeneidad, esto es, al de los países desarrollados.

En consecuencia, debido a que, por un lado, en la literatura no se registran estudios orientados a profundizar de manera simultánea y sistemática en las principales fuentes específicas de heterogeneidad en cada nivel y en la derivada de su interacción y a que, por el otro, esto tampoco se ha hecho en contextos de bajo desarrollo tecnológico, la indagación fue progresiva. Así en su fase inicial fue exploratoria, y solo avanzado el proceso fue posible formular las hipótesis de trabajo.

En concordancia con lo anterior, la validación empírica de las hipótesis de trabajo también fue progresiva, para ello:

Se acudió a la técnica de análisis multinivel, en la medida en que permite, por una parte, analizar de manera simultánea la contribución de cada uno de los niveles y de su interacción a la heterogeneidad –a la varianza conjunta–; por otra, a que facilita esa progresividad en la profundización, primero estimando la contribución conjunta de los

niveles –sin variables explicativas–, luego identificando la contribución de los factores específicos del nivel meso, después la de factores específicos del nivel micro y, finalmente, en la derivada de la interacción de los dos niveles. Esa exploración progresiva y sistemática, en búsqueda de las principales fuentes específicas de heterogeneidad al interior de los niveles –y de su interacción–, permitió ir más allá de los ejercicios efectuados en los países desarrollados.

La profundización en busca de esos factores específicos se acompañó del esfuerzo por dar cuenta de las particularidades asociadas al bajo desarrollo tecnológico que caracteriza la IByC. Esto atraviesa la especificación del modelo econométrico, así como la construcción y análisis de las variables.

Dado que el objetivo final del estudio es comprender la contribución de la heterogeneidad a las variaciones en el desempeño innovador de las firmas –como variable dependiente–, se construyó una variable categórica y ordenada, que permite captar las diferencias en dicho desempeño. Ello implicó especificar un modelo logit ordenado.

La combinación de la técnica multinivel con el logit ordenado permite identificar las fuentes específicas de heterogeneidad y su incidencia en la innovatividad de las firmas. Para facilitar la interpretación de los resultados de esos ejercicios econométricos se hicieron análisis descriptivos de las principales variables. Esto facilita visualizar las diferencias en los niveles de desarrollo de los recursos y capacidades de innovación, entre los grupos de empresas que innovan de distinto modo, y en los desempeños innovadores. Tales ejercicios se hicieron aplicando de manera sistemática los conceptos centrales de la teoría evolutiva, para construir una interpretación comprensiva de la heterogeneidad en un

contexto de bajo desarrollo tecnológico. Cabe insistir, que en la literatura no se registran análisis con este nivel de detalle y completitud.

Finalmente, dado que la teoría evolutiva constituye una teoría de proceso (Nelson y Winter, 2002; Nelson, 2012), esta reclama análisis longitudinales y específicos –como los estudios de caso– para aproximarse a sus nociones centrales, por ejemplo, las rutinas. Pero esto plantea una dificultad enorme para estudios sobre fenómenos como la heterogeneidad de las firmas al nivel inter e intraindustrial, que para ser captados requieren de comparaciones de carácter transversal entre las distintas industrias y firmas del sector manufacturero en un momento determinado del tiempo. Para enfrentar esa dificultad aquí se acude a la teoría de las prácticas, originada en la sociología (Giddens, 1984; Bourdieu, 1990). Estas prácticas institucionalizadas –entre las cuales se encuentran las rutinas (Feldman et al., 2016)– permiten aproximarse a los procesos con un nivel de abstracción tal que facilita compararlas en distintos contextos y momentos del tiempo, así como los desempeños alcanzados (Whittington, 2007). Acudir a este recurso metodológico, en el ámbito específico de los análisis de la heterogeneidad de la innovación constituye otro aporte de este estudio.

2.2. Fuentes de información

Para la realización del ejercicio empírico se utiliza la Segunda Encuesta de Innovación en la Industria de Bogotá y Cundinamarca (EIByC II) aplicada por la Cámara de Comercio de Bogotá y la Pontificia Universidad Javeriana en el año 2010 a una muestra aleatoria

estratificada de 568 empresas manufactureras con más de 10 empleados¹⁴, que es representativa de las 2.924 existentes en la Industria de Bogotá y Cundinamarca (IByC) en 2009, con un error estándar relativo de 2,4%¹⁵. La tasa de rechazo fue del 10% y el reemplazo se realizó con empresas de similares características: actividad industrial, tamaño, ubicación, etc.

Ficha técnica de la EIByC II. El universo del estudio está constituido por la totalidad de establecimientos que funcionan en Bogotá y Cundinamarca –ByC–, y que, de acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme –CIIU– Revisión 3 Adaptada para Colombia, se denominan como industriales. La población objetivo la conforman aquellos establecimientos con 10 o más personas ocupadas, o un valor de producción anual de trescientos millones de pesos (según la legislación colombiana). Para determinar la población y garantizar la comparabilidad con la primera encuesta de innovación en ByC –EIByC I– realizada en 2005, el diseño muestral consultó el Directorio de la industria manufacturera de ByC elaborado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE–, del año 2009, en el que las empresas se clasifican de acuerdo con la CIIU Revisión 3. Este se complementó con el Registro Mercantil de la Cámara de Comercio de Bogotá. A partir de estas dos fuentes se identificó una población conformada por 2.924 establecimientos industriales localizados en ByC.

La muestra fue estratificada aleatoria; la estratificación se hizo de acuerdo con la CIIU y cada agrupación fue auto-representada o auto-ponderada. El tamaño de muestra

¹⁴ Para lograr mayor representatividad la encuesta se estratificó por agrupaciones sectoriales a 3 dígitos, según la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU), Revisión 3. Cada agrupación fue autorepresentada.

¹⁵ La EIByC II es comparable con la *Community Innovation Survey* (CIS 8), pero tiene preguntas adicionales que intentan captar especificidades de la innovación en la IByC y, lo que es más importante, características económicas de las firmas que posibilitan hacer análisis estratégicos de la innovación.

resultante fue de 550 empresas; sin embargo, en el trabajo de campo la encuesta se aplicó en 568 empresas, con una tasa de rechazo del 10%, que fue reemplazado con empresas de similares características (tamaño, actividad industrial, ubicación, entre otras). Con la información recolectada la precisión obtenida para el total de la muestra es de 2.4% de error estándar relativo (ESRel). Esto indica que la muestra final de empresas para el agregado industrial de ByC es altamente representativa de la población.

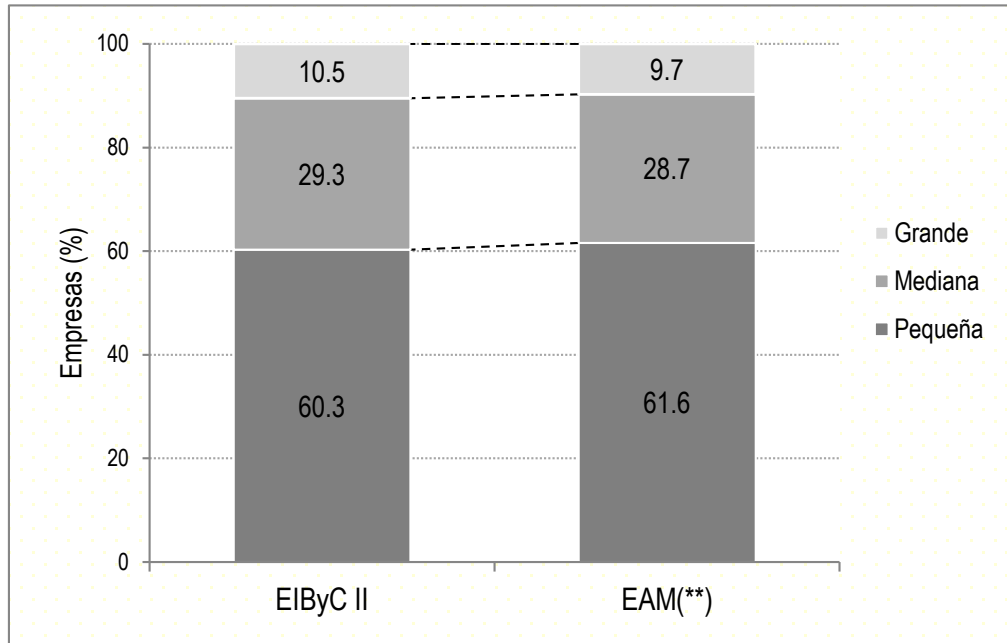
Además, para las agrupaciones industriales se obtuvo un ESRel inferior al 14%, excepto en cinco casos en que fue un poco mayor, precisamente aquellas agrupaciones con menos empresas innovadoras (bebidas y tabaco, confecciones, madera, mineral no metálico y vidrio, metálica básica). Así la muestra también puede considerarse representativa a ese nivel de desagregación. Para los tamaños de la empresa –según el número de empleados–, la encuesta aplicada es bastante representativa, con ESRel que no superan el 4%.

Adicionalmente, con el fin de establecer qué tan generalizables son los resultados obtenidos a partir de la EIByC II, se trata de establecer si existen diferencias entre las firmas que respondieron y no respondieron la EIByC II, se comparó la distribución de los establecimientos de ByC (por tamaño y por agrupación industrial) en la Encuesta Anual Manufacturera –EAM– del DANE¹⁶ y la EIByC II.

Para la clasificación según el tamaño, las empresas se agrupan en grandes (más de 200 empleados); en medianas (entre 50 y 199 empleados) y pequeñas (entre 10 y 49 empleados). La **figura 2.1** ilustra que la distribución de la muestra de la EIByC II por tamaño de empresa es bastante similar con la población industrial reportada por el DANE para 2008. Así, la EIByC II refleja la estructura de la población industrial regional.

¹⁶ Esta encuesta se considera como un censo de los establecimientos industriales.

Figura 2.1. Distribución de las empresas por tamaño (*)



(*) Definido por número de empleados. (**) EAM: Encuesta Anual Manufacturera.

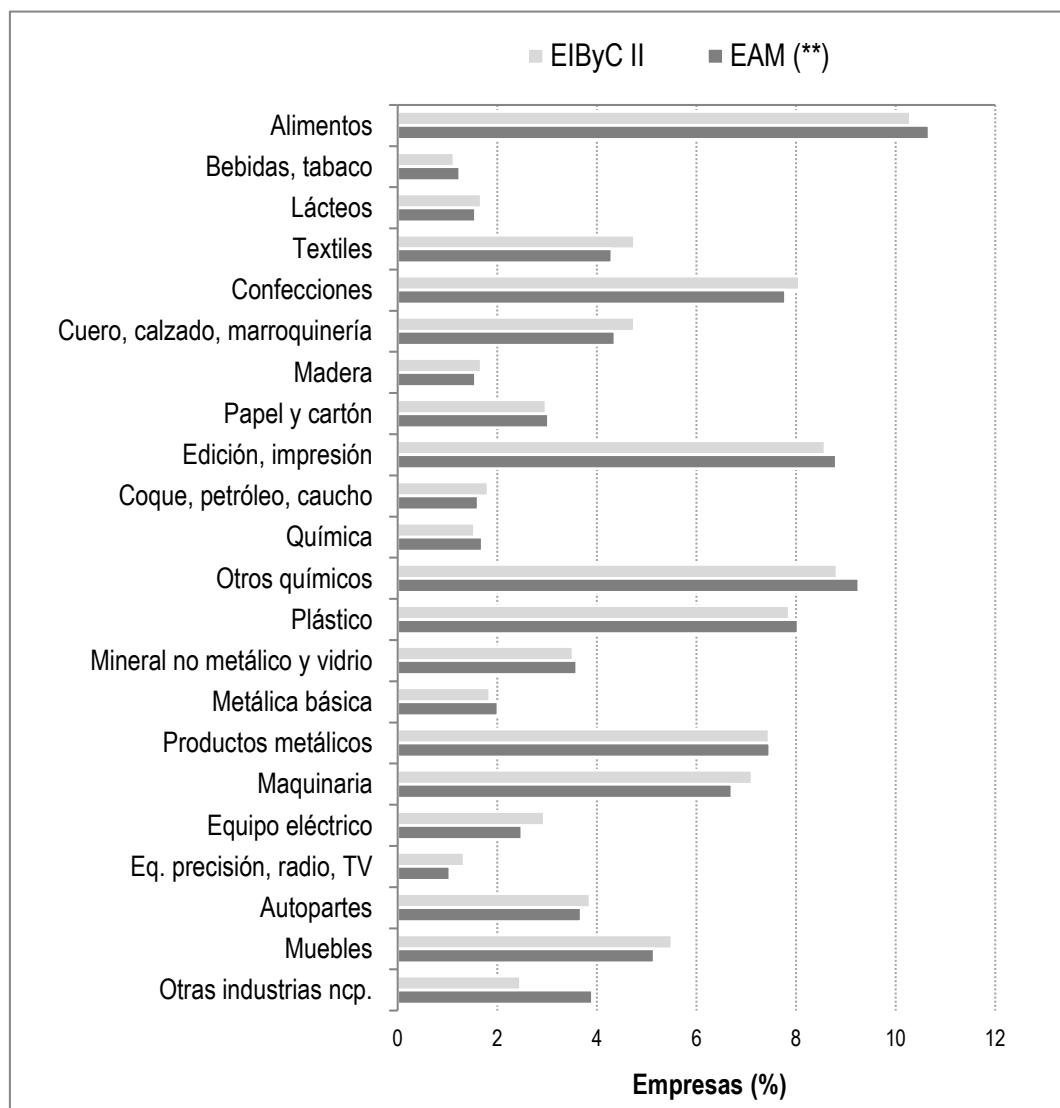
Fuente: elaboración propia a partir de la EIByC II (2010), Directorio industrial EAM (DANE, 2008).

Al comparar la distribución de la muestra de la EIByC II por agrupaciones industriales frente a la EAM del año 2008, se observa una alta similitud. Esto confirma que la EIByC II refleja la estructura sectorial de la industria manufacturera de ByC (**Figura 2.2**).

Finalmente, también coinciden el número de empresas que conforman el universo industrial de la EAM, que es de 2.926¹⁷, con el total de empresas de la EIByC II, que es de 2.924. Esto es bastante significativo porque en la EIByC II la información del Directorio Industrial del DANE se complementó con la del Registro Mercantil de la Cámara de Comercio de Bogotá. Por lo anterior, se puede concluir que no se presenta un sesgo entre las empresas que no respondieron la EIByC II y las que lo hicieron.

¹⁷ De acuerdo con la información disponible por tamaños de empresa.

Figura 2.2. Distribución de las empresas por sector (*)



(*) Para el cálculo en la EIByC II se consideran 2.924 empresas y de la EAM 3.532 pues incluye aquellas con menos de diez empleados y valor de producción mayor a \$130 millones.

(**) Encuesta Anual Manufacturera.

Fuente: elaboración propia a partir de la EIByC II (2010), Directorio industrial EAM (DANE, 2008).

2.3. Variables y métodos para el análisis

En concordancia con la estrategia metodológica definida, primero se presentan las variables (Tablas 2.1a y 2.1b) que se construyeron para captar las características y

fuentes de heterogeneidad del nivel industrial –meso–, luego se replica el ejercicio para las variables micro (**Tablas 2.2a y 2.2b**).

Para la indagación por las fuentes meso de la heterogeneidad, en concordancia con el marco evolutivo, se construyeron variables que permiten captar los niveles de oportunidad, acumulatividad y apropiabilidad, que definen los regímenes tecnológicos (Tabla 2.1a); como una alternativa sucedánea a los regímenes, pero inspirada en ellos, se agruparon las industrias siguiendo la taxonomía de Pavitt (1984). Además, aprovechando la riqueza de la base de datos utilizada se construyó una variable que da cuenta de los regímenes de demanda.

Tabla 2.1a. Definición de variables e indicadores para el nivel meso

Nombre	Descripción
ciiu2	Clasificación industrial a 2 dígitos
Oportindice	Oportunidad tecnológica. Este indicador se calcula para cada sector así: la sumatoria de los gastos en innovación para cada CIIU dividida por la sumatoria de las ventas para cada CIIU. Este cociente se compara con el obtenido para el total de la industria, si es superior al del total de la industria la oportunidad es alta y la variable toma el valor de 1, si es inferior el nivel de oportunidad es bajo y la variable toma el valor de 0.
lapropfor	Apropiabilidad. El indicador se calcula para cada sector así: la sumatoria de las empresas que consideran de alta importancia los mecanismos formales de protección en cada CIIU dividida por la sumatoria de las empresas innovadoras (innovadoras en sentido estricto y en sentido amplio) en cada CIIU. Este cociente se compara con el obtenido para el total de la industria, si es superior al del total de la industria la apropiabilidad es alta y la variable toma el valor de 1, si es inferior la apropiabilidad es baja y la variable toma el valor de 0.
lacumulat	Acumulatividad. El indicador se calcula para cada sector así: la sumatoria de las empresas que hacen I+D continua en cada CIIU dividida por la sumatoria de las empresas innovadoras (innovadoras en sentido estricto y en sentido amplio) en cada CIIU. Este cociente se compara con el obtenido para el total de la industria, si es superior al del total de la industria la acumulatividad es alta y la variable toma el valor de 1, si es inferior el nivel de acumulatividad es bajo y la variable toma el valor de 0.
Pavitt	1=si la industria es dominada por el proveedor 2=si la industria es intensiva en escala 3= si la industria es proveedor especializado 4= si la industria es basada en la ciencia
Regdemanda	Régimen de demanda. Este indicador se calcula primero al nivel de las firmas así: 1: régimen homogéneo (si la sumatoria de las ponderaciones de los factores críticos para competir asociados con costos es mayor a la de factores críticos asociados a diferenciación). 2: régimen fragmentado vertical (si la ponderación del factor crítico para competir asociado al cumplimiento de normas de calidad es mayor a 25%). 3: régimen fragmentado horizontal (si la sumatoria de las ponderaciones de los factores críticos para competir asociados con diferenciación es mayor a la de factores críticos asociados a costos). Caso especial: si la sumatoria de las ponderaciones de los factores de diferenciación es igual a la de costos, si el factor de cumplimiento de normas de calidad tiene una ponderación mayor a 25%, la firma

Nombre	Descripción
	se ubica en el régimen de fragmentación vertical, en caso contrario la clasificación de la empresa se hace manualmente dependiendo de los principales productos reportados. Luego se calcula el promedio para cada CIU.

Fuente: elaboración propia.

En la **Tabla 2.1b** se presentan las estadísticas descriptivas de las variables meso mencionadas. Los valores de las variables del nivel industrial, que intentan captar los regímenes, muestran media y desviaciones muy similares, y por lo tanto discriminan muy poco. Los resultados de la taxonomía de Pavitt (1984) son más dicentes porque muestran un notable predominio de las industrias dominadas por el proveedor, lo cual es consistente con un cambio técnico fundamentalmente exógeno y, en principio, parecen consistentes con una estructura industrial en la que dominan las industrias de bajo desarrollo tecnológico. En el caso de la demanda, los resultados muestran que tienden a predominar las industrias con regímenes fragmentadas verticalmente.

Tabla 2.1b. Estadísticas descriptivas para variables meso

Variables independientes	Mín.	Max.	Media	Desviación estándar
Oportndice	0.00	1.00	0.42	0.49
Iapropfor	0.00	1.00	0.50	0.50
Iacumulat	0.00	1.00	0.51	0.50
Iregdemanda	1.25	2.03	1.72	0.22
pavitt (categórica)				
Valor	1	2	3	4
N°	318	124	44	82
Porcentaje observado del total	56.0	21.8	7.7	14.4

Fuente: EIByC II (2010).

Ahora bien, en la **Tabla 2.2a** se presentan las variables del nivel 1 que de acuerdo con el marco teórico y las hipótesis formuladas, permiten caracterizar a las firmas con base en sus recursos –humanos e infraestructuras para la innovación– y capacidades de

innovación –captadas a través de sus actividades de innovación, con y sin I+D, y los vínculos establecidos con otros actores de innovación–. Cabe advertir que el tamaño de las firmas se utilizó como variable de control.

En la **Tabla 2.2b** se exponen las estadísticas descriptivas de las variables empleadas para el análisis de las características de las firmas. Los niveles tan bajos de los valores medios de las variables aportan indicios contundentes, como se analizará en el capítulo 3, del bajo nivel de desarrollo de los recursos y capacidades tecnológicas de las firmas de la IByC.

Tabla 2.2a. Definición de variables e indicadores para el nivel micro

Nombre	Descripción
<i>Variable dependiente (nivel 1)</i>	
Desinnalcance	0=si la firma no innovó 1=si la firma innovo solo para ella misma 2= si la firma innovó para el mercado nacional 3= si la firma innovó para el mercado internacional
<i>Variables independientes (nivel 1)</i>	
Rdsubdpt	0=si la firma no posee departamento de I+D o sustituto 1= si la firma posee departamento de I+D o sustituto
Hrqual	% de recurso humano calificado (profesional, maestría y/o doctorado)
actcytdummy	0=si la firma no se vincula con actores de CyT (universidades, grupos, centros de investigación) 1= si la firma se vincula con actores de CyT
Clientdummy	0=si la firma no consulta clientes 1= si la firma consulta clientes
Id	0=si la firma no realiza I+D 1= si la firma realiza I+D
Mye	0=si la firma no realiza adquisición de maquinaria y equipo 1= si la firma realiza adquisición de maquinaria y equipo
Diseño	0= si la firma no realiza diseño 1= si la firma realiza diseño
Ingot	0=si la firma no realiza ingeniería 1= si la firma realiza ingeniería
<i>Variables de control</i>	
Tam	1=si la firma tiene entre 20 y 49 empleados 2= si la firma tiene entre 50 y 199 empleados 3= si la firma tiene más de 200 empleados

Fuente: elaboración propia.

En adición a lo anterior, dado que tanto la variable dependiente como las independientes son categóricas y ordinales, puede afirmarse que su distribución no es normal sino asimétrica. Por ello, para dar cuenta de la existencia de una relación estadística entre las variables mencionadas, es decir, de su correlación y eventual presencia de multicolinealidad, se aplicaron pruebas no paramétricas. De esta manera, la prueba de correlación de Spearman, indica que todas las variables están relacionadas al nivel de significancia de 0.05. A su vez, para la indagación por la hipótesis de multicolinealidad perfecta se calcularon dos estadísticos¹⁸: el nivel de tolerancia a la colinealidad que el modelo puede soportar y el factor de inflación de varianza. Estos indican que el modelo no presenta problemas de multicolinealidad¹⁹.

Tabla 2.2b. Estadísticas descriptivas

Variable dependiente (desinnalcanse)	Valor ordenado	N°	Porcentaje observado del total	
	0	237	41.7	
	1	111	19.5	
	2	188	33.1	
	3	32	5.6	
		568	100.0	

Variables independientes	Min.	Max.	Media	Desviación estándar
Rdsubdpt	0	1	0.21	0.41
Hrqual	0	100	16.35	14.36
actcytdummy	0	1	0.09	0.28
Clientdummy	0	1	0.31	0.46
Id	0	1	0.13	0.33
Mye	0	1	0.35	0.48
Diseño	0	1	0.11	0.32
Ingot	0	1	0.31	0.46
tam (ordinal)				
Valor ordenado	1	2	3	
N°	350	164	54	568
Porcentaje observado del total	61.6	28.9	9.5	100

Fuente: EIByC II (2010).

¹⁸ Mediante el programa *colling* de stata.

¹⁹ En caso de requerirse se anexarían los resultados de estas pruebas.

2.4. Técnicas econométricas utilizadas

Debido a que la variable dependiente (desempeño de innovación) es discreta y toma valores (0, 1, 2, 3) que poseen un orden, se especificó un modelo *logit ordenado*. Frente a la regresión lineal, este modelo resuelve los problemas de acotamiento y de discretitud mediante el método de estimación de máxima verosimilitud, no requiere cumplir el supuesto de normalidad en los errores y sus estimadores coinciden con los obtenidos por el método de mínimos cuadrados. (Greene, 2007; Davidson y MacKinnon, 2004)

En concordancia con la naturaleza del análisis requerido para validar la hipótesis formulada y la estructura (jerárquica) de los datos requerida para ello, se utiliza la técnica econométrica multinivel.

Los modelos multinivel –jerárquicos o de coeficientes aleatorios– permiten analizar datos de unidades que se encuentran anidadas en diferentes niveles o grupos más amplios; y además cabe esperar que esas unidades –firmas– (primer nivel) sean más parecidas al interior del grupo que las anida –industria– (segundo nivel), que con respecto a las firmas de otras industrias. De ese modo, se viola un supuesto básico de la regresión clásica: la independencia de las observaciones. Así, cada industria tiene sus propios coeficientes (intercepto y pendientes). En consecuencia, los parámetros no son constantes (fijos), como sucede en un modelo de regresión clásico, sino que varían según la industria (Snijders y Bosker, 2012). Entonces, cada parámetro consta de una parte fija o

sistemática y de una parte aleatoria que refleja la variabilidad de cada industria (segundo nivel)²⁰.

Debido a lo anterior, la variabilidad en el segundo nivel es lo que caracteriza a dichos modelos. Estos estiman cómo se relacionan las unidades del primer nivel (firmas) en cada uno de los grupos (industrias) y si existen diferencias entre ellos. Su propósito es establecer qué variables del primer o segundo nivel dan cuenta de la variación en la variable dependiente (que debe ser del primer nivel).

2.5. Especificación de los Modelos (sucesivos)

Enseguida se presentan los modelos utilizados para la validación empírica de las hipótesis formuladas en el capítulo anterior. De acuerdo con los objetivos y la estrategia metodológica definida, primero se formula el llamado modelo nulo, que evalúa la contribución global de los dos niveles –sin que todavía se consideren explícitamente las variables explicativas–; luego se especifica el modelo que indaga por las fuentes específicas de heterogeneidad del nivel dos –meso–; después el modelo que escruta por las fuentes del nivel uno –micro–; y por último, se especifica el modelo que permite someter a escrutinio la heterogeneidad originada en la interacción de los niveles dos y uno.

²⁰ Los efectos aleatorios son más complejos que en la regresión estándar ya que no se asume independencia entre los residuos en cada grupo –industria– e igualdad de las varianzas de los residuos en todos los grupos –industrias–. (Pardo, Ruiz y San Martín, 2007)

2.5.1. *Fuentes micro y meso de la heterogeneidad innovativa de las firmas (Modelo nulo)*

En concordancia con los objetivos del trabajo, el primer ejercicio se orienta a establecer si tiene sentido el análisis conjunto de las fuentes micro (firmas) y meso (industrias) para explicar las diferencias en el desempeño innovador de las firmas²¹. Para ello se estima el denominado “modelo nulo”, esto es, sin variables explicativas. Este permite descomponer la varianza de la variable dependiente (desempeño innovador) en dos componentes independientes: la varianza debida al nivel 1 (firmas) y la varianza debida al nivel 2 (industrias) y, por esta vía, permite evaluar qué tanto de la variación en la variable dependiente puede ser atribuido solamente a factores no observados que operan en cada nivel. (Steele, 2011)

Para adelantar este ejercicio se utiliza la Clasificación Internacional Industrial Uniforme – CIIU– a dos dígitos, que en la base de datos agrupa las firmas en 17 industrias²². Esta clasificación está basada en la agrupación de firmas (en industrias) que fabrican productos similares, así no corresponde a categorías y criterios científicos y tecnológicos. Sin embargo, dado que la técnica multinivel exige un número mínimo de grupos del nivel 2, que bordea los 20 (Aiello y Ricotta, 2015), aquí se considera la mejor alternativa para capturar la dimensión industrial en el modelo. El modelo permite establecer:

- i) Si el modelo multinivel es superior a un modelo convencional –de un solo nivel–.

En otros términos, si la varianza de los efectos aleatorios (asociados a las distintas

²¹ Acá se mide a través de una variable categórica y ordenada, que discrimina entre las firmas desde las que no innovan hasta aquellas que lo hacen para el mercado internacional.

²² Como se señaló la base de datos contiene información de una muestra que es representativa al nivel de tres dígitos de la CIIU.

industrias) del nivel 2 es significativamente diferente de 0 y, en consecuencia, es útil estimar un modelo multinivel²³;

- ii) La contribución relativa de cada nivel a la varianza conjunta, mediante el cálculo del llamado coeficiente de partición de la varianza –CPV²⁴–.

Especificación:

$\Pr(\text{desinnalcanse}_{ij} = l) = \Pr(k_{l-1} < \beta_{00} + u_{0j} + \epsilon_{ij} \leq k_l)$, donde:

β_{00} = intercepto (puntos de corte en el modelo logit)

u_{0j} = efecto aleatorio asociado al nivel 2

ϵ_{ij} = residuales del nivel 1

2.5.2. Las características (específicas) de las industrias como fuentes de heterogeneidad (Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 2)

Con este modelo, el trabajo se propone establecer la contribución específica de las variables e indicadores directos del segundo nivel, asociados a factores de oferta –los regímenes tecnológicos y la taxonomía de Pavitt– y de demanda –los regímenes de demanda–. Estos se conforman de la siguiente manera:

- Regímenes tecnológicos, constituido por combinaciones particulares de oportunidad tecnológica, apropiabilidad y acumulatividad.
- Taxonomía de Pavitt, que se deriva de los regímenes tecnológicos.
- Regímenes de demanda, que se dividen en homogéneo, fragmentado vertical y fragmentado horizontal.

²³ Esto es, la hipótesis nula, de que la varianza es igual a 0.

²⁴ El CPV se calcula como la división entre la varianza del nivel 2 y la suma de la varianza del nivel 1 (3.29) y la varianza del nivel 2.

Cabe advertir que estas variables se construyen a partir de la información aportada por las firmas, y que en el marco de la técnica multinivel se denominan “variables de contexto”. (Steele, 2011)

Especificación:

Regímenes tecnológicos

$\Pr(\text{desinnalcance}_{ij} = l) = \Pr(k_{l-1} < \beta_{00} + \beta_1 \text{oporindice}_{2j} + \beta_2 \text{iapropfor}_{2j} + \beta_3 \text{iacumulat}_{2j} + u_{0j} + \epsilon_{ij} \leq k_l)$, donde:

β_{00} = intercepto (puntos de corte en el modelo logit)

$\beta_1, \dots, \beta_3$ = efectos fijos de las variables de nivel 2

u_{0j} = efecto aleatorio asociado al nivel 2

ϵ_{ij} = residuales del nivel 1

Taxonomía de Pavitt

$\Pr(\text{desinnalcance}_{ij} = l) = \Pr(k_{l-1} < \beta_{00} + \beta_1 \text{pavitt}_{2j} + u_{0j} + \epsilon_{ij} \leq k_l)$, donde:

β_{00} = intercepto (puntos de corte en el modelo logit)

β_1 = efecto fijo de la variable de nivel 2

u_{0j} = efecto aleatorio asociado al nivel 2

ϵ_{ij} = residuales del nivel 1

Régimen de demanda

$\Pr(\text{desinnalcance}_{ij} = l) = \Pr(k_{l-1} < \beta_{00} + \beta_1 \text{iregdemand}_{2j} + u_{0j} + \epsilon_{ij} \leq k_l)$, donde:

β_{00} = intercepto (puntos de corte en el modelo logit)

β_1 = efecto fijo de la variable de nivel 2

u_{0j} = efecto aleatorio asociado al nivel 2

ϵ_{ij} = residuales del nivel 1

Taxonomía de Pavitt y régimen de demanda

$\Pr(\text{desinnalcance}_{ij} = l) = \Pr(k_{l-1} < \beta_{00} + \beta_1 \text{pavitt}_{2j} + \beta_2 \text{iregdemand}_{2j} + u_{0j} + \epsilon_{ij} \leq k_l)$, donde:

β_{00} = intercepto (puntos de corte en el modelo logit)

β_1, β_2 = efectos fijos de las variables de nivel 2

u_{0j} = efecto aleatorio asociado al nivel 2

ϵ_{ij} = residuales del nivel 1

2.5.3. *Las características (específicas) de las firmas como fuentes de heterogeneidad (Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 1)*

Enseguida se presentan los modelos utilizados para la validación empírica de las hipótesis formuladas en la sección 1.3, esto es, aquellas que guían la indagación por las características de las firmas que tienen mayor influencia en la heterogeneidad de su comportamiento innovador.

Debido a que el nivel 1, esto es, las características de las firmas, constituyen la principal fuente de heterogeneidad innovadora en la IByC, el objetivo de los modelos que se introducen en este acápite es identificar y evaluar la contribución de dichas características a la varianza total del desempeño innovador.

Para ello se especifican dos modelos multinivel: el primero, con intercepto aleatorio, y el segundo con intercepto y pendiente aleatorias, el cual, por su importancia, debido a que posibilita la evaluación de la contribución a la heterogeneidad derivada de la interacción de los dos niveles, se presenta en una sección independiente.

Modelo multinivel con intercepto aleatorio

En este modelo los únicos coeficientes que varían aleatoriamente de una industria a otra son los puntos de corte entre los grupos del nivel 2 o de industrias, y que en un modelo logit ordenado hacen las veces del intercepto. Se asume que la relación entre las variables del nivel 1 y la variable dependiente –desempeño innovador– es homogénea en todas las industrias (Pardo et al., 2007). De ese modo, a partir de los resultados del “modelo nulo”, en este modelo específico se introducen variables del nivel 1 que contribuyen a la heterogeneidad aquí constatada, esto es, a la aleatoriedad que da cuenta de la probabilidad

de las firmas de tener un determinado desempeño innovador, según las categorías definidas para la variable dependiente.

Especificación:

$$\Pr(\text{desinnalcance}_{ij} = l) = \Pr(k_{l-1} < \beta_{00} + \beta_1 \text{rdsbpt}_{ij} + \beta_2 \text{hrqual}_{ij} + \beta_3 \text{actcytdummy}_{ij} + \beta_4 \text{clientdummy}_{ij} + \beta_5 \text{id}_{ij} + \beta_6 \text{mye}_{ij} + \beta_7 \text{diseno}_{ij} + \beta_8 \text{ingot}_{ij} + \beta_9 \text{tam}_{ij} + u_{0j} + \epsilon_{ij} \leq k_l),$$

donde:

β_{00} = intercepto (puntos de corte en el modelo logit)

$\beta_1, \dots, \beta_9$ = efectos fijos de las variables de nivel 1

u_{0j} = efecto aleatorio asociado al nivel 2

ϵ_{ij} = residuales del nivel 1

Es preciso advertir que dadas las características de los modelos de probabilidad, un logit ordenado en este caso, para estimar la contribución de las variables independientes del nivel 1 –características de las firmas– a las diferencias en su desempeño innovador –variable dependiente–, se deben estimar los efectos marginales. En consecuencia, los resultados arrojados por el modelo multinivel –con intercepto aleatorio– permiten establecer, en un primer momento, si la contribución de las variables específicas es estadísticamente significativa, y de qué signo; por eso es necesario estimar, en un segundo momento, a la manera de un logit convencional, el respectivo nivel de contribución, mediante la estimación de los efectos marginales.

2.5.4. *La interacción entre los niveles meso – micro y la heterogeneidad innovativa (Modelo con intercepto y pendiente aleatorios; modelo con variables moderadoras)*

Este modelo permite establecer si además del intercepto también cambian los parámetros (coeficientes) asociados a las variables explicativas del nivel 1. Bajo esta especificación, tanto el intercepto como las pendientes están compuestos por una parte fija, que es la media del intercepto o de la pendiente considerando toda la población, y por una parte

aleatoria, que es específica a cada grupo (industria). En este último caso, al tenerse dos efectos aleatorios del nivel 2 –uno asociado al intercepto y otro a la pendiente de la respectiva variable analizada–, se debe especificar la estructura de la covarianza para dichos términos.

Este ejercicio se hará para algunas actividades de innovación, esto es, las que resulten ser las mayores fuentes de heterogeneidad, como la I+D, o la adquisición de maquinaria y equipo, o el diseño, cuyo efecto (pendiente) sobre el desempeño innovador, pues se presume (*a nivel de hipótesis*) que su incidencia varía de una industria a otra. Esto permitirá establecer si en el caso específico de estas –las variables micro más relevantes–, las industrias (nivel 2) inciden en sus efectos sobre el desempeño innovador.

Especificación:

Caso: Investigación y desarrollo

$\Pr(\text{desinnalcance}_{ij} = 1) = \Pr(k_{l-1} < \beta_{00} + \beta_1 \text{rdsbdpt}_{ij} + \beta_2 \text{hrqual}_{ij} + \beta_3 \text{actcytdummy}_{ij} + \beta_4 \text{clientdummy}_{ij} + \beta_5 \text{id}_{ij} + \beta_6 \text{mye}_{ij} + \beta_7 \text{diseno}_{ij} + \beta_8 \text{ingot}_{ij} + \beta_9 \text{tam}_{ij} + u_{0j} + u_{1j} \text{id}_{ij} + \epsilon_{ij} \leq k_l)$, donde:

β_{00} = intercepto (puntos de corte en el modelo logit)

$\beta_1, \dots, \beta_9$ = efectos fijos de las variables de nivel 1

u_{0j}, u_{1j} = efectos aleatorios asociado al nivel 2

ϵ_{ij} = residuales del nivel 1

Caso: Maquinaria y equipo

$\Pr(\text{desinnalcance}_{ij} = 1) = \Pr(k_{l-1} < \beta_{00} + \beta_1 \text{rdsbdpt}_{ij} + \beta_2 \text{hrqual}_{ij} + \beta_3 \text{actcytdummy}_{ij} + \beta_4 \text{clientdummy}_{ij} + \beta_5 \text{id}_{ij} + \beta_6 \text{mye}_{ij} + \beta_7 \text{diseno}_{ij} + \beta_8 \text{ingot}_{ij} + \beta_9 \text{tam}_{ij} + u_{0j} + u_{1j} \text{mye}_{ij} + \epsilon_{ij} \leq k_l)$, donde:

β_{00} = intercepto (puntos de corte en el modelo logit)

$\beta_1, \dots, \beta_9$ = efectos fijos de las variables de nivel 1

u_{0j}, u_{1j} = efectos aleatorios asociado al nivel 2

ϵ_{ij} = residuales del nivel 1

Caso: Diseño

$\Pr(\text{desinnalcance}_{ij} = l) = \Pr(k_{l-1} < \beta_{00} + \beta_1 \text{rdsbpt}_{ij} + \beta_2 \text{hrqual}_{ij} + \beta_3 \text{actcytdummy}_{ij} + \beta_4 \text{clientdummy}_{ij} + \beta_5 \text{id}_{ij} + \beta_6 \text{mye}_{ij} + \beta_7 \text{diseno}_{ij} + \beta_8 \text{ingot}_{ij} + \beta_9 \text{tam}_{ij} + u_{0j} + u_{1j} \text{diseno}_{ij} + \epsilon_{ij} \leq k_l)$, donde:

β_{00} = intercepto (puntos de corte en el modelo logit)

$\beta_1, \dots, \beta_9$ = efectos fijos de las variables de nivel 1

u_{0j}, u_{1j} = efectos aleatorios asociado al nivel 2

ϵ_{ij} = residuales del nivel 1

Caso: Ingeniería

$\Pr(\text{desinnalcance}_{ij} = l) = \Pr(k_{l-1} < \beta_{00} + \beta_1 \text{rdsbpt}_{ij} + \beta_2 \text{hrqual}_{ij} + \beta_3 \text{actcytdummy}_{ij} + \beta_4 \text{clientdummy}_{ij} + \beta_5 \text{id}_{ij} + \beta_6 \text{mye}_{ij} + \beta_7 \text{diseno}_{ij} + \beta_8 \text{ingot}_{ij} + \beta_9 \text{tam}_{ij} + u_{0j} + u_{1j} \text{ingot}_{ij} + \epsilon_{ij} \leq k_l)$, donde:

β_{00} = intercepto (puntos de corte en el modelo logit)

$\beta_1, \dots, \beta_9$ = efectos fijos de las variables de nivel 1

u_{0j}, u_{1j} = efectos aleatorios asociado al nivel 2

ϵ_{ij} = residuales del nivel 1

3. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados de los diferentes ejercicios efectuados tanto para captar la realidad de la innovación en la IByC como para validar las hipótesis formuladas. La exposición de los resultados mantiene la lógica de la progresividad definida en la estrategia metodológica y en la estructura del texto. Por ello:

Primero se presentan los resultados de la indagación por la contribución conjunta de cada uno de los dos niveles –meso y micro– sin variables explicativas, para confirmar si en la IByC se repiten los hallazgos de los países desarrollados, es decir, si estamos en presencia de un hecho estilizado, lo cual se confirma.

Segundo, se validan las hipótesis asociadas con las contribuciones de los factores específicos del nivel meso a las variaciones en la innovación.

Tercero, se exponen los resultados del nivel micro. Pero en este caso, debido a que, como lo confirma el primer ejercicio, el nivel micro es la mayor fuente de heterogeneidad, la indagación fue doble: inicialmente, se hace un análisis descriptivo de la heterogeneidad de las firmas y de su efecto en las variaciones en la innovación, que permiten probar las hipótesis. Después se presentan los resultados de la aplicación del modelo econométrico multinivel, que también permiten validar las hipótesis formuladas para el nivel micro, pero dentro de la lógica de los dos niveles.

Finalmente, se presentan los resultados derivados de la indagación por los efectos de la interacción de los dos niveles sobre los cambios en el desempeño innovador de las firmas. Estos son evaluados en las variables que en el punto anterior demostraron ser las que

captan las diferencias en las formas de innovar –con y sin I+D– y que tienen mayor impacto sobre la innovación.

3.1. Modelo “nulo”

En los modelos multinivel, el “modelo nulo” o sin variables explicativas de los dos niveles analizados, permite evaluar qué tanto de la variación de la variable dependiente puede ser atribuible solo a factores no observados que operan en cada nivel. Este permitirá establecer si pertenecer a un grupo u otro (nivel 2) afecta la variable dependiente. En este caso evalúa si el desempeño innovador de las firmas varía según la industria a la que pertenece la firma. Su utilidad consiste en indicar si un análisis conjunto meso-micro explica mejor las variaciones en el desempeño innovador de las firmas que análisis de un solo nivel.

En la **Tabla 3.1** se presentan los resultados de dicho ejercicio. De acuerdo con el LR Test –que compara el “modelo nulo” con un modelo logit ordenado estándar bajo la hipótesis nula de que la varianza del efecto aleatorio asociado al nivel 2 (CIU) es igual a cero–, se puede establecer que:

- i) La varianza generada por el nivel 2 es significativamente diferente de cero, rechazándose la hipótesis nula;
- ii) El nivel 2 explica de manera significativa los cambios en el desempeño innovador de las firmas y que, en consecuencia, es mejor utilizar un modelo jerárquico que un modelo logit ordenado convencional (solo para el nivel 1), pues éste resulta insuficiente para explicar las diferencias (heterogeneidad) en el desempeño innovador de las firmas.

Tabla 3.1. Modelo nulo (sin variables explicativas)

Fitting fixed-effects model:

Iteration 0: log likelihood = -688.28222
Iteration 1: log likelihood = -688.28222

Refining starting values:

Grid node 0: log likelihood = -688.3257

Fitting full model:

Iteration 0: log likelihood = -688.3257 (not concave)
Iteration 1: log likelihood = -684.314
Iteration 2: log likelihood = -683.42676
Iteration 3: log likelihood = -683.26933
Iteration 4: log likelihood = -683.26905
Iteration 5: log likelihood = -683.26905

Mixed-effects ologit regression Number of obs = 568
Group variable: ciiu2 Number of groups = 17

Obs per group:

min = 20
avg = 33.4
max = 85

Integration method: mvaghermite Integration pts. = 7

Log likelihood = -683.26905 chi2() = .
Prob > chi2 = .

desinnalca~e	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
/cut1	-.2859045	.1383122	-2.07	0.039	-.5569914	-.0148176
/cut2	.5379177	.1403866	3.83	0.000	.2627649	.8130704
/cut3	2.959957	.2163259	13.68	0.000	2.535966	3.383948
ciiu2						
var(_cons)	.1840248	.1094823			.0573415	.590587

LR test vs. ologit model: chibar2(01) = 10.03 Prob >= chibar2 = 0.0008

Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de partición de la varianza –CPV– indica que 5.3% del total de la varianza residual es debida a la variación del nivel 2. Esto significa, en otros términos, que la variación en el desempeño innovador de las firmas es explicada en dicho porcentaje por

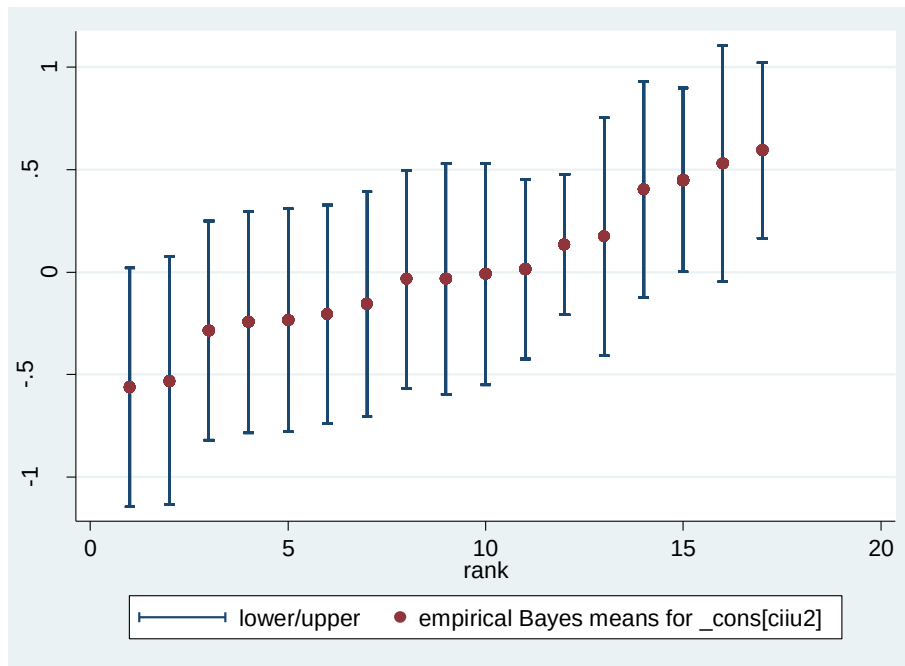
las agrupaciones industriales, con lo cual se valida la hipótesis **H1A**²⁵, el restante 94,7% de la varianza se atribuye al nivel 1. En consecuencia, se valida la hipótesis **H1B**, esto es, que la heterogeneidad en el desempeño innovador de las firmas es originada principalmente en las diferencias en las características entre ellas mismas. Esto indica, en otros términos, que dicha heterogeneidad es un fenómeno de carácter intraindustrial antes que interindustrial. Ello significa que lo acontecido en la IByC, esto es, en un contexto de bajo desarrollo tecnológico, confirma los hallazgos de los estudios efectuados en los países desarrollados y, en consecuencia, estamos en presencia de un hecho estilizado. (Helfat, 2007)

La **Figura 3.1** muestra los residuales estimados para todos los grupos del nivel 2 (17 CIU). En ella se confirma que solo 6 de los 17 tienen un desempeño innovador superior al promedio industrial²⁶, mientras 10 de ellos tiene un desempeño inferior, y con ello se pone de presente una alta heterogeneidad interindustrial. Además, los intervalos de confianza –al 95%– muestran una alta dispersión en el comportamiento de las firmas al interior de cada industria, y esto constituye un indicador de la alta heterogeneidad que existe al interior de cada una de ellas. (Leckie, 2010)

²⁵ Cabe advertir que en un modelo logit se asume que los residuales del nivel 1 siguen una distribución logística estándar la cual tiene una varianza, fija, de 3.29. (Steele, 2011)

²⁶ Estos son: alimentos, química, plásticos, maquinaria y equipo, equipos de radio y televisión y autopartes y automotores. Ello resulta consistente con las características de la industria colombiana.

Figura 3.1. Residuales para las industrias (nivel 2)



Fuente: elaboración propia.

3.2. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 2 –meso–

Con base en los resultados del “modelo nulo” se introducen variables del nivel 2 con el propósito de establecer en qué medida contribuyen a dar cuenta de la heterogeneidad constatada, esto es, de la aleatoriedad en los puntos de corte entre los grupos del nivel 2 – que en un modelo logit ordenado hacen las veces del intercepto–. Este ejercicio da cuenta de las variaciones entre industrias en la probabilidad para las firmas de obtener un determinado desempeño innovador. De ese modo, se introducen variables que expresan características de las industrias, que pueden ser o que son fuente de aleatoriedad, y que encuentran su explicación teórica en los regímenes tecnológicos, en la taxonomía de Pavitt (1984) –inspirada en ellos–, o en los regímenes de demanda.

Regímenes tecnológicos (oportunidad, apropiabilidad y acumulatividad)

Los resultados del ejercicio consistente en introducir de manera simultánea las variables-indicadores que permiten dar cuenta de las categorías que configuran los regímenes tecnológicos, esto es, oportunidad, apropiabilidad y acumulatividad (**Tabla 3.2**) muestran, según el LR Test, que la varianza del nivel 2 es significativamente diferente de cero y que aplicar el modelo jerárquico tiene sentido.

Tabla 3.2. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 2 asociadas al régimen tecnológico –oportunidad, apropiabilidad y acumulatividad–

Fitting fixed-effects model:

Iteration 0: log likelihood = -688.28222
 Iteration 1: log likelihood = -686.11581
 Iteration 2: log likelihood = -686.11539
 Iteration 3: log likelihood = -686.11539

Refining starting values:

Grid node 0: log likelihood = -687.8816

Fitting full model:

Iteration 0: log likelihood = -687.8816 (not concave)
 Iteration 1: log likelihood = -683.72634
 Iteration 2: log likelihood = -682.38117
 Iteration 3: log likelihood = -682.11382
 Iteration 4: log likelihood = -682.11079
 Iteration 5: log likelihood = -682.11078

Mixed-effects ologit regression Number of obs = 568
 Group variable: ciiu2 Number of groups = 17

Obs per group:
 min = 20
 avg = 33.4
 max = 85

Integration method: mvaghermite Integration pts. = 7

Log likelihood = -682.11078 Wald chi2(3) = 2.39
 Prob > chi2 = 0.4948

desinnalcance	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
oporindice	.0773168	.2638113	0.29	0.769	-.4397439	.5943775
iapropfor	.3996728	.2616136	1.53	0.127	-.1130804	.912426
iacumulat	-.0353922	.2613285	-0.14	0.892	-.5475866	.4768022
/cut1	-.1018195	.2334138	-0.44	0.663	-.5593022	.3556632
/cut2	.7228823	.2357498	3.07	0.002	.2608211	1.184943
/cut3	3.143454	.2890864	10.87	0.000	2.576855	3.710053
ciiu2						
var(_cons)	.152192	.0957593			.044342	.5223582

LR test vs. ologit model: chibar2(01) = 8.01 Prob >= chibar2 = 0.0023

Fuente: elaboración propia.

El coeficiente de la descomposición de la varianza –CPV– indica, a su vez, que la proporción del total de la varianza residual debida al nivel 2 es del 4.42%. Esto significa que al introducir de manera simultánea las tres características que definen a un régimen tecnológico se explica parte de la variabilidad del desempeño innovador de las firmas debida al nivel de la industria, toda vez que la varianza asociada al nivel 2 se reduce en un 17.3%. Pero dada la importancia de la noción regímenes tecnológicos para el análisis de la incidencia de las industrias en la heterogeneidad de la innovación, esa proporción de la varianza es muy baja.

Cuando se introducen por separado cada una de estas variables-indicadores no se afecta la varianza asociada al nivel 2. Así, en concordancia con lo planteado en la hipótesis H2a, se confirma que no es claro el modo como operan los regímenes en la IByC, esto es, un contexto de bajo desarrollo tecnológico.

Taxonomía de Pavitt

Los resultados de introducir al modelo las categorías de la taxonomía de Pavitt (**Tabla 3.3**) indican, según el LR Test, que la varianza del nivel 2 es significativamente diferente de cero. En este caso, el CPV muestra que la proporción del total de la varianza residual debida al nivel 2 disminuye al 2.44%.

Tabla 3.3. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 2 asociadas al régimen tecnológico –taxonomía de Pavitt–

```

Fitting fixed-effects model:

Iteration 0:   log likelihood = -688.28222
Iteration 1:   log likelihood = -681.64525
Iteration 2:   log likelihood = -681.6392
Iteration 3:   log likelihood = -681.6392

Refining starting values:

Grid node 0:   log likelihood = -687.4531

Fitting full model:

Iteration 0:   log likelihood = -687.4531   (not concave)
Iteration 1:   log likelihood = -683.16413   (not concave)
Iteration 2:   log likelihood = -680.58396
Iteration 3:   log likelihood = -680.25366
Iteration 4:   log likelihood = -680.24098
Iteration 5:   log likelihood = -680.24092

Mixed-effects ologit regression
Group variable:      ciiu2

Number of obs      =      568
Number of groups   =      17

Obs per group:
    min =      20
    avg =     33.4
    max =      85

Integration method: mvaghermite      Integration pts. =      7

Wald chi2(1)      =      7.51
Prob > chi2       =     0.0061

Log likelihood = -680.24092

```

desinnalcance	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
pavitt	.2729484	.0996185	2.74	0.006	.0776998	.4681971
/cut1	.1917606	.2136236	0.90	0.369	-.2269339	.6104551
/cut2	1.014754	.2188898	4.64	0.000	.5857377	1.44377
/cut3	3.437749	.2814374	12.21	0.000	2.886142	3.989356
ciiu2						
var(_cons)	.0823429	.0734351			.0143386	.4728738

```

LR test vs. ologit model:  chibar2(01) = 2.80      Prob >= chibar2 = 0.0472

```

Fuente: elaboración propia.

Esto significa que la taxonomía permite explicar una gran parte de la variabilidad asociada al nivel de la industria, pues la varianza asociada al nivel 2 estimada en el modelo nulo se reduce en un 55.3%. Efecto que puede considerarse muy alto, y que valida empíricamente la hipótesis **H2B**, es decir, que la taxonomía de Pavitt (1984) capta en mayor medida la heterogeneidad de la innovación debida a las industrias, que los regímenes tecnológicos.

Regímenes de demanda

Un ejercicio adicional, orientado a superar el determinismo tecnológico a que es proclive la literatura sobre los regímenes tecnológicos y las taxonomías inspiradas en ellos, consiste en introducir los regímenes de la demanda. En la **Tabla 3.4** se muestran los resultados de este ejercicio.

Tabla 3.4. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 2 asociadas al régimen de demanda

Fitting fixed-effects model:			
Iteration 0:	log likelihood =	-688.28222	
Iteration 1:	log likelihood =	-683.6875	
Iteration 2:	log likelihood =	-683.68586	
Iteration 3:	log likelihood =	-683.68586	
Refining starting values:			
Grid node 0:	log likelihood =	-687.5757	
Fitting full model:			
Iteration 0:	log likelihood =	-687.5757	(not concave)
Iteration 1:	log likelihood =	-683.34582	(not concave)
Iteration 2:	log likelihood =	-681.67892	
Iteration 3:	log likelihood =	-681.22561	
Iteration 4:	log likelihood =	-681.17617	
Iteration 5:	log likelihood =	-681.17589	
Iteration 6:	log likelihood =	-681.17589	
Mixed-effects ologit regression		Number of obs	= 568
Group variable: ciiu2		Number of groups	= 17
		Obs per group:	
		min	= 20
		avg	= 33.4
		max	= 85
Integration method: mvaghermite		Integration pts.	= 7
		Wald chi2(1)	= 4.69
Log likelihood = -681.17589		Prob > chi2	= 0.0303
desinnalcance	Coef.	Std. Err.	z P> z [95% Conf. Interval]
iregdemanda	1.135658	.5243677	2.17 0.030 .1079165 2.1634
/cut1	1.626765	.8955665	1.82 0.069 -.1285133 3.382043
/cut2	2.45028	.8990011	2.73 0.006 .6882702 4.21229
/cut3	4.869433	.9195297	5.30 0.000 3.067188 6.671678
ciiu2			
var(_cons)	.1165646	.0845517	.0281278 .4830554
LR test vs. ologit model: chibar2(01) = 5.02		Prob >= chibar2 = 0.0125	

Fuente: elaboración propia.

En este caso, según el LR Test la varianza del nivel 2 es significativamente diferente de cero. El CPV indica que la proporción del total de la varianza residual debida al nivel 2 ahora es del 3.42%. Es decir, los regímenes de la demanda explican gran parte de la variabilidad asociada al nivel 2 –la industria–, pues la varianza asociada al nivel 2 estimada en el modelo nulo se reduce en un 36.7%. Así se confirma la hipótesis **H2c**. Esto significa que, contra la visión predominante en la literatura sobre los regímenes, la demanda es una clara fuente industrial de heterogeneidad, y que no se reduce a cumplir la función de mecanismo de selección; del mercado.

Regímenes tecnológicos y de demanda

Una indagación adicional, resultante de la introducción conjunta de factores meso de oferta y demanda, consistió en la evaluación simultánea de la incidencia de la taxonomía de Pavitt y el régimen de demanda. La **Tabla 3.5** muestra los resultados de ese ejercicio, que revela que ahora la varianza del nivel 2 ya no es significativamente diferente de cero, según el LR Test. Esto indica que con las dos variables introducidas se explica la variabilidad asociada al nivel de la industria.

La proporción del total de la varianza residual debida al nivel 2 es apenas del 1.35%. Ello se debe a que, con la consideración de los dos regímenes, la varianza asociada al nivel 2 se reduce en un 75.5%. De allí que, en conjunto, constituyen fuentes específicas claves para explicar el efecto del nivel 2 sobre las variaciones en el desempeño innovador de las firmas.

Tabla 3.5. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 2 asociadas a los regímenes tecnológico y de demanda

Fitting fixed-effects model:

Iteration 0: log likelihood = -688.28222
 Iteration 1: log likelihood = -679.17761
 Iteration 2: log likelihood = -679.16819
 Iteration 3: log likelihood = -679.16819

Refining starting values:

Grid node 0: log likelihood = -687.04749

Fitting full model:

Iteration 0: log likelihood = -687.04749 (not concave)
 Iteration 1: log likelihood = -682.71735 (not concave)
 Iteration 2: log likelihood = -678.96319
 Iteration 3: log likelihood = -678.72042
 Iteration 4: log likelihood = -678.71053
 Iteration 5: log likelihood = -678.71053

Mixed-effects ologit regression
 Group variable: ciiu2

Number of obs = 568
 Number of groups = 17

Obs per group:
 min = 20
 avg = 33.4
 max = 85

Integration method: mvaghermite

Integration pts. = 7

Log likelihood = -678.71053

Wald chi2(2) = 12.62
 Prob > chi2 = 0.0018

desinnalcance	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
pavitt	.226599	.0918328	2.47	0.014	.0466099 .406588
iregdemanda	.8311341	.4514741	1.84	0.066	-.0537387 1.716007
/cut1	1.508416	.7502642	2.01	0.044	.0379255 2.978907
/cut2	2.33066	.7542617	3.09	0.002	.8523347 3.808986
/cut3	4.750815	.7788238	6.10	0.000	3.224348 6.277282
ciiu2					
var(_cons)	.0451287	.0604414			.0032691 .6229846

LR test vs. ologit model: chibar2(01) = 0.92 Prob >= chibar2 = 0.1694

Fuente: elaboración propia.

3.3. Análisis de la heterogeneidad micro

En concordancia con los resultados arrojados por el modelo nulo, que confirman que en un contexto de bajo desarrollo tecnológico, como es el caso de la IByC, la heterogeneidad de la innovación también es un fenómeno originado en una proporción muy alta por fuentes del nivel micro, aquí se hará un escrutinio mucho más detallado, que en el nivel

meso. Por ello, la exposición se iniciará con el análisis de estadísticas descriptivas que facilitan visualizar la realidad objeto de estudio. Luego se presentarán los resultados de los análisis econométricos de la indagación por las fuentes micro –recursos y capacidades– de heterogeneidad y su incidencia en las diferencias en el desempeño innovador de las firmas.

3.3.1. Análisis descriptivo de la heterogeneidad micro

Los resultados arrojados por la Tabla 3.6 confirman de manera fehaciente el bajo nivel del desarrollo tecnológico de las firmas de la IByC. Esta es la conclusión que arroja la comparación de las columnas de Escala y Total. En efecto, la contrastación entre los valores máximos que pueden asumir las variables y el valor promedio de dichas variables –que por tratarse de variables dummy equivalen al porcentaje de firmas que poseen la característica medida por la variable–, muestra que, en general, el valor medio de las variables es muy bajo.

Tabla 3.6. Heterogeneidad de las firmas y desempeño innovador

	Escala	Total	DesInn 0	DesInn 1	DesInn 2	DesInn 3
Rdsubdpt	0-1	0.21	0.05	0.18	0.37	0.63
Hrqual	Continua	16.35	14.64	14.11	18.77	22.61
Actcytdummy	0-1	0.09	0.00	0.13	0.16	0.19
Clientdummy	0-1	0.31	0.00	0.50	0.54	0.59
Id	0-1	0.13	0.01	0.02	0.27	0.56
Mye	0-1	0.35	0.03	0.63	0.55	0.59
Diseño	0-1	0.11	0.02	0.09	0.22	0.25
Ingot	0-1	0.31	0.02	0.38	0.57	0.69
Tam	1 a 4	1.48	1.32	1.29	1.71	1.94

Fuente: EIByC II (2010).

Esos resultados muestran, por una parte, cuán lejos está la IByC de un contexto de industrias *technology driven*. Así lo ponen de manifiesto el porcentaje de empresas que cuentan con departamentos de I+D o sustitutos, esto es, con infraestructuras para innovar;

más bajo aún es el porcentaje de firmas (el 13%) que realizan actividades de I+D, y mucho menor es el núcleo de firmas que se vincula con actores del entorno científico y tecnológico para innovar.

Las cifras de la tabla en mención revelan, por otra parte, que en la IByC el cambio técnico es exógeno y las innovaciones son de carácter difusivo. Esto es lo que expresan los mayores porcentajes de firmas para las cuales el cambio técnico viene incorporado en la maquinaria y equipo adquiridos (Cepal, 2007; Jaramillo et al., 2000; Malaver y Vargas, 2004; 2006), y la innovación está vinculada a su adaptación a las características de sus tecnologías –de procesos y productos– y sus mercados (Malaver y Vargas, 2011). El alto peso de los vínculos que con actores del mercado establecen estas firmas para innovar indica, además, que están muy orientadas a satisfacer las condiciones de su demanda la cual, como se verá, está constituida en una alta proporción por el mercado interno. Así la innovación en la IByC parece más *demand driven* que *technology driven*.

Ahora bien, la indagación efectuada también se orientó a establecer cómo se expresan esas particularidades de la innovación que configuran las firmas de la IByC en la heterogeneidad de la innovación. Al respecto, la tabla 3.6 también revela el vínculo de esa heterogeneidad con las variaciones en el desempeño innovador. Las firmas que han construido infraestructuras tecnológicas –departamentos de I+D o sustitutos– para innovar y que innovan a través de la I+D tienden a concentrarse progresivamente en los desempeños de innovación más altos. Esto no solo muestra mayor innovatividad –habilidades para obtener desempeños innovadores más altos–, sino que comparadas en sí mismas son muy heterogéneas pues el porcentaje de firmas que hacen I+D pasan del 2%

en el desempeño 1 –nuevo para la firma–, al 27% en el desempeño 2 –nuevo para el mercado nacional– y al 56% en el desempeño 3 –nuevo para el mercado internacional–.

Al contrario, la tabla 3.6 muestra que las innovaciones obtenidas mediante actividades de innovación distintas a la I+D –como compra de maquinaria y equipo o el diseño–, realizadas por la gran mayoría de las firmas innovadoras –incluidas las que hacen I+D– no muestran variaciones importantes entre los diferentes desempeños innovadores alcanzados. Como se verá más adelante, esto significa que aunque son mayoría contribuyen en menor grado a explicar la heterogeneidad.

Lo anterior significa que existen diferencias –heterogeneidad– en un doble sentido: uno, entre las firmas que innovan con y sin I+D, es decir, existe una heterogeneidad entre las dos formas de innovar –intergrupos– y, otro, entre las firmas que innovan de un mismo modo, es decir, que también existe una diferencia intragrupos. Tales resultados, apuntan a confirmar las hipótesis **H4A** y **H4B**.

Cabe advertir que, en general, las diferencias –heterogeneidad– en los desempeños innovadores son estadísticamente significativas. Para establecerlo se evaluaron las diferencias entre los grupos de firmas conformados por los desempeños innovadores. Debido a la elevada asimetría de las variables se aplicaron test no paramétricos, como el *Kruskal Wallis* para el caso de más de dos grupos²⁷, y el test *Mann Whitney* para comparar pares de grupos. Según el *Kruskal Wallis* se rechaza la hipótesis de igualdad en las medianas entre los cuatro grupos de firmas conformados por su desempeño

²⁷ Esta prueba establece si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de los grupos definidos –debido a que esta medida de centralidad es menos sesgada que la media en el caso de distribuciones asimétricas–.

innovador²⁸ (**Tabla 3.7**). Esto tiene hondas implicaciones para el estudio pues significa que las diferencias –heterogeneidad– en las características de las firmas y su innovatividad son estadísticamente significativas.

La comparación entre pares de grupos confirma, según el test de Mann Whitney, que existen diferencias significativas para todas las variables, excepto para el caso de las variables *actcytdummy*, *clientdummy* y *mye* no existen diferencias significativas entre los desempeños 1 y 2, 1 y 3, y 2 y 3. Además, en el caso de estos últimos grupos (el 2 y 3) tampoco hay diferencias significativas en las variables *diseño* e *ingot*.

Tabla 3.7. Heterogeneidad de las firmas y desempeño innovador (según Kruskal Wallis)

	Test Statistics ^{a,b}								
	Tam	rdsbdpt	Hrqual	actcytdummy	clientdummy	id	mye	diseño	Ingot
Chi-Square	51,268	100,639	23,707	40,743	183,261	129,402	187,027	48,769	180,147
Df	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Asymp. Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

^a Kruskal Wallis Test

^b Grouping Variable: DesInnAlcance

Fuente: elaboración propia.

Estos resultados tienen una doble implicación: por un lado, confirman que las diferencias entre las firmas que innovan a través de la I+D son significativas, es decir, que son heterogéneas; mientras que en aquellas que lo hacen de manera informal –mediante compra de maquinaria y equipo, diseño e ingeniería–, las diferencias son significativas solo entre algunos pares de grupos. Estos resultados apoyan, así, la hipótesis **H4B**.

²⁸ En caso de requerirse se presentarán los resultados de dichos test.

Al ahondar en la comparación de la heterogeneidad proveniente de las diferentes formas de innovar, esto es, mediante actividades de I+D –es decir que lo hacen de manera formal, recurrente y sistemática– y sin I+D –es decir de manera informal–, la **Tabla 3.8**, muestra que las mayores diferencias se encuentran en las variables que dan cuenta de los vínculos con la ciencia y la tecnología. De hecho, las mayores diferencias se encuentran en las infraestructuras para innovar y en los vínculos con los actores de la ciencia y la tecnología.

Tabla 3.8. Heterogeneidad entre las firmas que innovan con y sin I+D

	Total	Sin ID	Con ID
desinnalcance	1.76	1.64	2.23
Rdsubdpt	0.33	0.22	0.74
Hrqual	17.58	15.77	24.30
actcytdummy	0.15	0.10	0.36
clientdummy	0.53	0.54	0.50
Mye	0.58	0.59	0.56
Diseno	0.18	0.18	0.20
Ingot	0.52	0.52	0.53
Tam	1.59	1.51	1.90

Fuente: EIByC II, 2010.

La comparación entre los grupos de empresas que innovan con y sin I+D, resulta tanto o más interesante cuando se aplica el test *Mann Whitney*. Esto, porque, aunque la proporción de firmas en ambos grupos es muy similar (en la tabla 3.7), en variables distintas a la I+D que hacen parte de procesos de innovación más informal –compra de maquinaria y equipo, diseño e ingeniería–, también allí hay diferencias estadísticamente significativas, según dicho Test, tal como lo ilustra la **Tabla 3.9**. Este test permite apoyar la hipótesis **H4A**.

Tabla 3.9. Heterogeneidad entre las firmas que innovan con y sin I+D (según Mann Whitney)

			Test Statistics ^a							
			deinnalcance	rdsbdpt	hrqual	actcytdummy	clientdummy	mye	diseno	Ingot
Mann-Whitney U			5446,000	6876,000	11268,000	12556,000	14252,000	13980,000	15936,000	13684,000
Z			-10,146	-11,898	-5,063	-8,299	-3,458	-3,600	-2,676	-4,003
Asymp. Sig. (2-tailed)	Sig.	(2-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,007	0,000

^a Grouping Variable: id

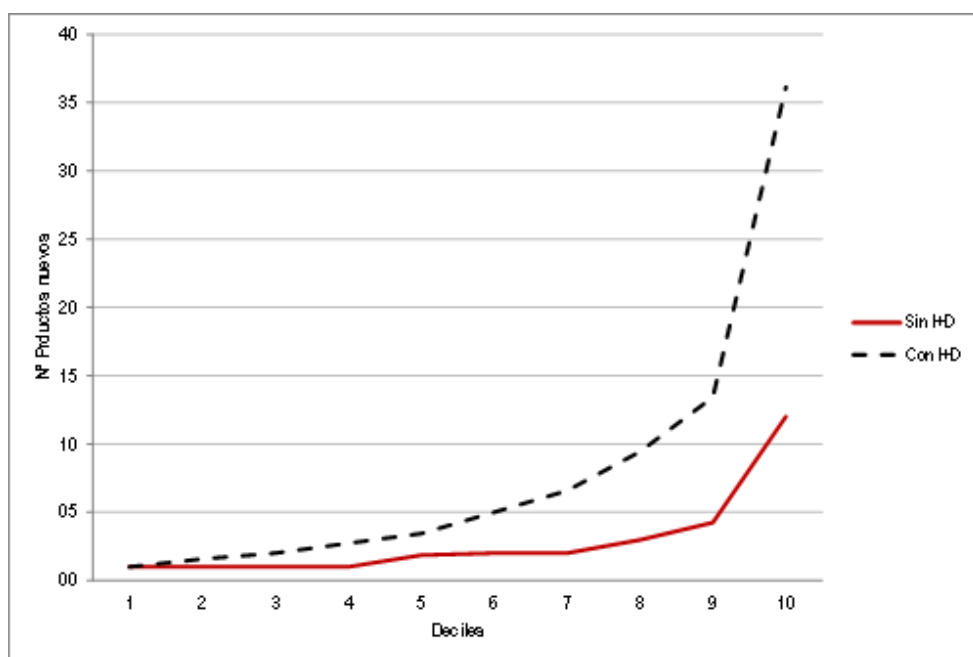
Fuente: elaboración propia.

La importancia de la heterogeneidad analizada se revela mucho mayor cuando se contrasta su incidencia en las diferencias en los desempeños innovadores. Ese cambio de la mirada arroja evidencias que complementa y enriquecen la visualización de la heterogeneidad y sus efectos. Al respecto, el planteamiento que guió la indagación y que dio lugar a las hipótesis **H4A** y **H4B**, es que la heterogeneidad configurada por las diferentes maneras de innovar –con y sin I+D– genera desiguales habilidades para innovar –innovatividad–, que se traducen en diferencias en los desempeños innovadores, en favor de las firmas que innovan mediante la I+D. Para validarlas se escrutó por las diferencias en la innovatividad de las firmas, evaluada mediante dos indicadores –inspirados en Becker (2009)–: la frecuencia y la novedad de las innovaciones obtenidas por las firmas. Estos se aplicaron a la IByC y sus resultados apuntan a confirmar la hipótesis.

Las evidencias aportadas por la **Figura 3.2** permiten validar la hipótesis de una mayor innovatividad de las firmas que innovan con I+D, expresada en una mayor frecuencia –cantidad– de innovaciones obtenidas en el período analizado. En efecto, al parametrizar por deciles los grupos conformados por las firmas que innovan con I+D y las que no –para facilitar la visualización de la comparación–, se confirma que las firmas que innovan a través de la I+D desarrollan la capacidad para innovar con mayor frecuencia que las que

innovan de manera más informal. Lo más significativo es que a medida que aumenta la innovatividad en los dos grupos, la brecha se amplía a favor de las firmas que lo hacen a través de la I+D. Esto apoya la hipótesis **H4A**. Los resultados muestran que esa progresividad aumenta las diferencias, en mayor grado, incluso entre las firmas que innovan con I+D. Hecho que apoya la hipótesis **H4B**.

Figura 3.2. Innovatividad de las firmas –según frecuencia de la innovación–



Nota: las firmas se parametrizaron en deciles de acuerdo con el número de productos nuevos obtenidos en el período 2007-2009. Para el cálculo solo se consideraron las empresas que han obtenido innovaciones, esto es, 331 firmas de las 568. De ellas, el 21% realizaron actividades de I+D.

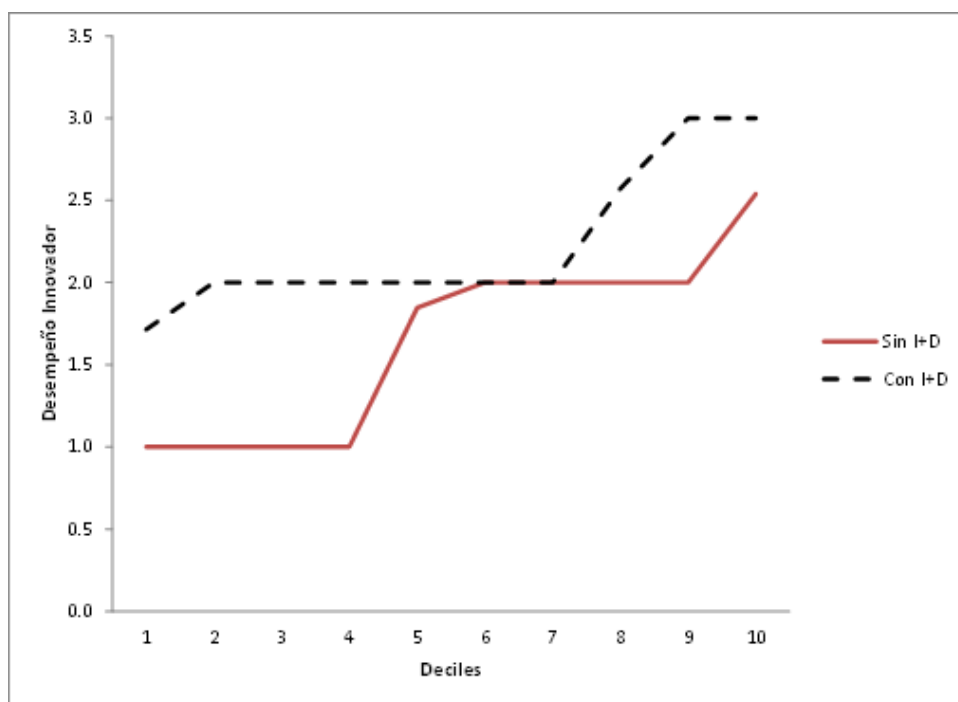
Fuente: elaboración propia a partir de la EIByC II (2010).

Ese resultado es complementado y confirmado, por partida doble, por el segundo indicador utilizado: la novedad de las innovaciones obtenidas por la firmas. Novedad que fue evaluada a través de dos indicadores: el alcance y la originalidad de las innovaciones obtenidas por las firmas.

El alcance de las innovaciones, esto es, si los desarrollos efectuados por las firmas son novedosos para ellas mismas, para el mercado nacional o para el mercado internacional –

usado como variable dependiente en este estudio—, es mostrado en la **Figura 3.3**. Esta confirma que las firmas que innovan a través de la I+D tienen un desempeño superior a las que no innovan a través de ella. Muestra además, que mientras las primeras obtienen productos y procesos nuevos para el mercado nacional y para el mercado internacional, en las segundas predominan los que son novedosos para ellas mismas y para el mercado nacional y que son muy pocas las que los obtienen para los mercados internacionales. Esto también apoya la hipótesis **H4A**.

Figura 3.3. Innovatividad de las firmas –según alcance de la innovación–



Nota: las firmas se parametrizaron en deciles según el desempeño innovador obtenido. Para el cálculo solo se consideraron las empresas que han obtenido innovaciones, esto es, 331 firmas de las 568. De ellas el 21% han realizado actividades de I+D.

Fuente: elaboración propia a partir de la EIByC II (2010).

La **Figura 3.4** muestra los resultados de un indicador más complejo del grado de novedad de los desarrollos obtenidos por las empresas, que conjuga el alcance de las innovaciones con su grado de originalidad –productos y procesos mejorados, nuevos y nuevos con patentes–. Este corrobora que en general las firmas que hacen I+D tienen un desempeño

superior y que además una alta proporción de las firmas ellas alcanza el nivel tres, que constituye su techo, debido a la poca propensión que existe en la IByC a patentar sus innovaciones. Por el contrario, para las firmas que innovan sin I+D su techo son las innovaciones para el mercado nacional.

De ese modo, los distintos indicadores de innovatividad –que dan lugar a diferencias en los desempeños innovadores– convergen hacia la confirmación de la hipótesis **H4A**, pues las firmas que innovan con I+D superan los desempeños de las que innovan de manera informal tanto por la frecuencia como por el grado de novedad de sus innovaciones. Además, las diferencias son crecientes y por ello las brechas son mayores entre los núcleos de firmas más innovativas de ambos grupos²⁹.

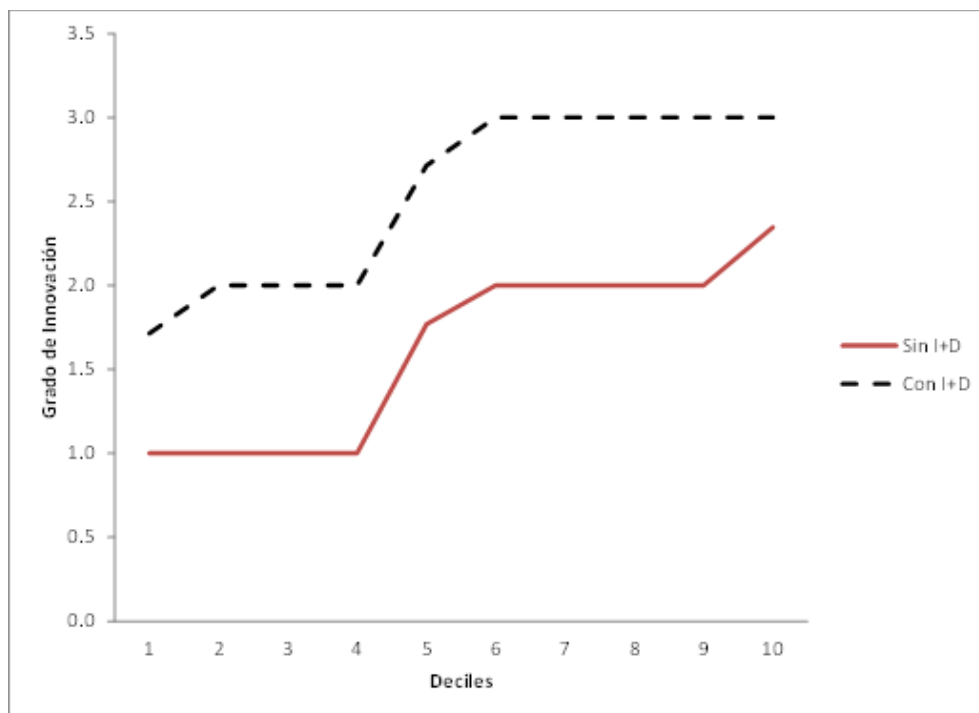
Pese a lo anterior, y de manera un tanto paradójica, el crecimiento de las diferencias tiene un doble techo: por un lado, el que emerge cuando se observa que menos del 3% de las firmas que innovan y del 2% del total de la IByC patentan sus innovaciones; por otro, el que emerge cuando se establece que esas proporciones –del 2% y el 3%– serían las que como máximo se podrían alcanzar cuando se indaga por el alcance de las innovaciones, esto es, que pudieran resultar novedosas para los mercados de Estados Unidos, la Unión Europea o los países asiáticos³⁰ (EIByC II, 2010). De esta realidad –emergente– surge una conclusión: la heterogeneidad existente en la IByC está acotada. Esas cotas son las patentes y los mercados lejanos –geográfica y culturalmente–. Y esto aplica no solo para la inmensa mayoría de las firmas sino, incluso, al núcleo de firmas más innovadoras. En

²⁹ Las brechas crecen incluso entre las firmas que hacen I+D; en todo caso, una mirada al conjunto de los tres indicadores sugiere que son mayores que las que existen entre las firmas que innovan sin I+D.

³⁰ Estas proporciones surgen de suponer que las firmas que exportaron a esos mercados en el período analizado y que señalaron que innovaron para el mercado internacional, lo hicieron para esos mercados.

consecuencia, en la IByC la heterogeneidad no es originada en innovaciones radicales, disruptivas o de alcance global; sus límites son mucho más estrechos.

Figura 3.4. Innovatividad de las firmas –según alcance y originalidad–()*



(*) El grado de innovación se define por grado de novedad de las innovaciones tecnológicas obtenidas por las firmas en el periodo 2007-2009. Este es el resultado de la combinación de dos características de la innovación: su originalidad y su alcance. El nivel de originalidad se establece según sea un producto o proceso nuevo con patente, nuevo sin patente o significativamente mejorado, y el alcance en términos del mercado (internacional, nacional) o la propia empresa. (Malaver y Vargas, 2006)

Las firmas se parametrizaron en deciles de acuerdo con el grado de innovación obtenido. Para el cálculo solo se consideraron las empresas que han obtenido innovaciones, esto es, 331 firmas de las 568. De ellas el 21% han realizado actividades de I+D.

Fuente: elaboración propia a partir de la IByC II (2010).

En síntesis, el análisis de la realidad descrita muestra que hay diferencias –estadísticamente– significativas entre las firmas y sus desempeños; que las diferencias más significativas se encuentran entre las firmas que innovan a través de la I+D y las que lo hacen de manera informal; que esas diferencias son crecientes en materia de innovatividad y, en consecuencia, las brechas en los desempeños innovadores son mayores entre las firmas más innovadoras de los dos grupos de firmas. Pero esa

heterogeneidad es acotada, pues las habilidades para innovar a que da lugar, se traducen en innovaciones que fluctúan entre unos límites muy estrechos de novedad.

En lo que sigue, las características de esa heterogeneidad de las firmas y de su incidencia en la innovación serán sometidas a análisis econométricos multinivel, esto es, de evaluación dentro de la lógica de la contribución conjunta meso y micro –inter e intraindustrial– a las variaciones en el desempeño innovador.

3.3.2. *Análisis econométrico: Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 1*

La contribución del nivel micro a la heterogeneidad se establece a través del modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 1, el cual, como se indicó en el acápite 2.5., permite establecer los puntos de corte –los únicos coeficientes aleatorios– que definen la probabilidad de alcanzar un determinado nivel de desempeño innovador en cada industria, es decir, sus resultados varían de una industria a otra y de este modo se diferencian de los resultados que arroja un modelo convencional –de un solo nivel, en este caso el nivel 1– para el cual, dichos coeficientes son constantes para todas las industrias. Así, el intercepto varía mientras los demás coeficientes –de las variables independientes del nivel 1– se consideran homogéneos o fijos para todas las industrias. (Pardo et al., 2007)

Los resultados del ejercicio muestran, según el LR Test, que la varianza del nivel 2 es significativamente diferente de cero (**Tabla 3.10**) y que, en consecuencia, aplicar el modelo jerárquico tiene sentido. El coeficiente de partición de la varianza –CPV– indica, a su vez, que la proporción del total de la varianza residual debida al nivel 2 es del 4.58% que, por lo demás, es bastante similar al obtenido en el modelo nulo.

Tabla 3.10. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 1

Mixed-effects ologit regression			Number of obs =		568	
Group variable: ciiu2			Number of groups =		17	
			Obs per group:			
			min =		20	
			avg =		33.4	
			max =		85	
Integration method: mvaghermite			Integration pts. =		7	
Log likelihood = -444.89102			Wald chi2(8) =		273.15	
			Prob > chi2 =		0.0000	
desinnalcance	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
rdsbdpt	.7776153	.2591875	3.00	0.003	.2696172	1.285613
hrqual	.0106893	.0067543	1.58	0.114	-.0025489	.0239275
actcytdummy	-.5075599	.3492452	-1.45	0.146	-1.192068	.1769482
clientdummy	1.391103	.219787	6.33	0.000	.960328	1.821877
id	2.63226	.3769248	6.98	0.000	1.893501	3.371019
mye	1.800484	.2109956	8.53	0.000	1.386941	2.214028
diseno	1.149007	.309001	3.72	0.000	.5433766	1.754638
ingot	2.117994	.2292634	9.24	0.000	1.668646	2.567342
/cut1	1.577424	.2058965	7.66	0.000	1.173874	1.980973
/cut2	3.305626	.2496761	13.24	0.000	2.81627	3.794982
/cut3	7.634046	.4500081	16.96	0.000	6.752046	8.516045
ciiu2						
var(_cons)	.157655	.1041919			.0431679	.5757772

LR test vs. ologit model: chibar2(01) = 7.77 Prob >= chibar2 = 0.0027

Fuente: elaboración propia.

Ahora bien, una mirada a los *efectos fijos*, esto es, a los coeficientes estimados de las variables del nivel 1 introducidas en el modelo, revela que excepto el recurso humano calificado y la capacidad para establecer vínculos con actores del ámbito científico y tecnológico (universidades, grupos y centros de investigación), las demás variables son significativas, es decir, son relevantes para explicar la variabilidad del desempeño innovador de las firmas. Además, de acuerdo con lo establecido para el análisis de un modelo *logit*, los signos de las variables son los esperados, como quiera que todas tienen una incidencia positiva en el desempeño innovador. Estos resultados indican que, en

general, las características de las firmas, expresadas por dichas variables, inciden de manera significativa en los desempeños alcanzados y, de este modo, son fuente de heterogeneidad innovativa.

Con el fin de ajustar este modelo se incorpora como variable de control el tamaño de las firmas, medido por el número de empleados. Los resultados muestran que, efectivamente, el tamaño es una variable significativa, y que su introducción mejora la especificación del modelo (**Tabla 3.11**). En este caso la contribución del nivel 2 a la varianza total se sitúa en un 5.04%, es decir, aumenta levemente, lo cual se espera que ocurra en los modelos multinivel. En particular, se produce una mejora importante en la significancia del vínculo entre las variables recurso humano calificado y desempeño innovador de la firma. De ese modo se valida la hipótesis **H3** y, lo que es más importante, ese resultado apunta a señalar que a medida que aumenta el tamaño de la firma, se incrementa la proporción de recurso humano calificado y su contribución a la innovación mejora de manera significativa.

Estos resultados muestran que, tal como lo plantean la RBV y la teoría evolutiva, los recursos y las capacidades para innovar endógenamente, evaluadas a través de las actividades de innovación –con y sin I+D– que captan variadas maneras y habilidades para innovar, inciden de manera significativa en los desempeños innovadores, y son fuente de heterogeneidad innovativa al nivel intraindustrial. Esto apoya las hipótesis **H3** y **H4A**.

Esto también confirma la importancia de las capacidades de las firmas para apalancar esos recursos y capacidades de innovar a través del vínculo con actores y fuentes de innovación, especialmente, del entorno de mercado. Así se confirman los hallazgos de

otros estudios (Malaver y Vargas, 2006 y 2011; Durán et al., 1998); se validan las hipótesis **H5A** y **H5B**, y se corrobora el planteamiento hecho aquí en torno a que son más *demand driven* que *technology driven*.

Tabla 3.11. Modelo con intercepto aleatorio y variables del nivel 1

Mixed-effects ologit regression			Number of obs = 568			
Group variable: ciiu2			Number of groups = 17			
			Obs per group:			
			min = 20			
			avg = 33.4			
			max = 85			
Integration method: mvaghermite			Integration pts. = 7			
			Wald chi2(9) = 273.56			
Log likelihood = -439.3071			Prob > chi2 = 0.0000			
desinnalcance	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
rdsbdpt	.5749242	.2669714	2.15	0.031	.0516698	1.098179
hrqual	.0150933	.0069096	2.18	0.029	.0015507	.028636
actcytdummy	-.5865442	.35701	-1.64	0.100	-1.286271	.1131826
clientdummy	1.455891	.2229767	6.53	0.000	1.018864	1.892917
id	2.579523	.3785165	6.81	0.000	1.837644	3.321402
mye	1.733357	.2123634	8.16	0.000	1.317132	2.149582
diseno	1.136704	.3108991	3.66	0.000	.5273528	1.746055
ingot	2.136853	.231802	9.22	0.000	1.68253	2.591177
tam	.5259698	.1573932	3.34	0.001	.2174847	.8344548
/cut1	2.325332	.3118622	7.46	0.000	1.714094	2.936571
/cut2	4.083544	.3513701	11.62	0.000	3.394871	4.772217
/cut3	8.54314	.5453803	15.66	0.000	7.474215	9.612066
ciiu2						
var(_cons)	.1729934	.1090356			.0502953	.5950197
LR test vs. ologit model: chibar2(01) = 9.20				Prob >= chibar2 = 0.0012		

Fuente: elaboración propia.

En los modelos de probabilidad –como el que aquí se aplica– los coeficientes de las variables independientes solo dan cuenta de la significancia y del signo del efecto de los cambios en dichas variables sobre la variable dependiente; por ello, para establecer la magnitud relativa de esos efectos individuales es necesario estimar los efectos marginales

de las variables independientes de nivel 1, esto es, los efectos sobre la variable dependiente (desempeño innovador) de un cambio marginal en una variable independiente. Dichos efectos se estiman considerando el promedio de la población (totalidad de las firmas del sector manufacturero de Bogotá y Cundinamarca). En la **Tabla 3.12** se muestran esos resultados.

Tabla 3.12. Efectos marginales de las variables de nivel 1

mfx, predict	p outcome(0)	p outcome(1)	p outcome(2)	p outcome(3)	X
	Pr(desinnalcance=0)	Pr(desinnalcance=1)	Pr(desinnalcance=2)	Pr(desinnalcance=3)	
Variable	dy/dx	dy/dx	dy/dx	dy/dx	
rdsbdpt	-0.072	0.011	0.041	0.018	0.21
hrqual	-0.001	0.000	0.001	0.000	16.35
actcytdummy	0.073	-0.011	-0.042	-0.018	0.09
clientdummy	-0.183	0.029	0.106	0.047	0.31
ld	-0.324	0.052	0.188	0.083	0.13
mye	-0.218	0.035	0.126	0.056	0.35
diseno	-0.142	0.023	0.082	0.036	0.11
ingot	-0.268	0.043	0.156	0.069	0.31

Nota: dy/dx es para un cambio en la variable del 0 al 1.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de ese ejercicio muestran que pasar de no hacer I+D a hacerla disminuye la probabilidad de que una firma no sea innovadora en un 32.4%. En el extremo opuesto, la probabilidad de que una firma transite de ser innovadora para el mercado nacional a serlo para el mercado internacional se aumenta en un 8% con la realización de actividades de I+D. Estos efectos marginales son los más altos, entre todas las variables, confirmándose

así la hipótesis **H4A**, que plantea que esta actividad de innovación es la que tiene la mayor contribución al desempeño innovador, y por esta vía a sus variaciones.

Esos resultados también confirman que actividades de innovación distintas a la I+D, como la ingeniería y la adquisición de maquinaria y equipo siguen en importancia a la I+D y con una alta contribución a disminuir la probabilidad de que la firma sea no innovadora; también a que la firma transite de hacer desarrollos que son novedosos para ella misma a que lo sean para el mercado nacional. De ese modo se confirma la heterogeneidad en la manera de innovar. Igualmente importante, aunque en menor grado, es la contribución de la relación con los clientes como fuentes y apoyos para la obtención de las innovaciones, confirmándose la orientación hacia el mercado para innovar antes que la búsqueda de apoyos y los vínculos con actores del entorno científico y tecnológico. Esto también confirma las hipótesis **H5A** y **H5B**.

La tabla indica muestra que el efecto de los cambios marginales en los recursos sobre los niveles de los desempeños innovadores de las firmas es mínimo, especialmente, en el caso de los recursos humanos. Esto contrasta de manera nítida con los altos grados de contribución de las actividades de innovación. Se constata así que las capacidades pesan mucho más en los cambios en los desempeños innovadores que los recursos. Y permite inferir que los recursos, si bien son importantes, por sí solos –especialmente los recursos humanos–, sin articularse con otros recursos en las distintas actividades que constituyen los procesos de innovación, no son suficientes para generar cambios sustanciales en el desempeño innovador de las firmas. Esto confirma la hipótesis **H3**.

En conjunto estos efectos apuntan a corroborar que, desde una perspectiva convencional, las características de las firmas contribuyen de manera significativa y en alto grado a las

variaciones en los niveles de desempeño innovador alcanzado por ellas en la IByC. Y de ese modo apuntan a soportar los planteamientos teóricos en favor de la preponderancia de los factores micro en la explicación de la heterogeneidad en la innovación.

3.4. Interacción meso – micro: modelo con intercepto y pendiente aleatorios (casos: I+D; maquinaria y equipo; ingeniería; diseño)

En esta sección se explora por los efectos de una tercera fuente de heterogeneidad, proveniente de la interacción entre el nivel meso y las variables que dan cuenta de las prácticas predominantes en los procesos de innovación, que expresan diferentes formas de innovar al nivel de la firma. Para ello se presenta, primero, el efecto de la interacción entre I+D e industria, y luego la interacción entre las actividades de incorporación de maquinaria y equipo, de ingeniería y de diseño que, como se ha señalado a lo largo del texto, dan cuenta de los procesos de innovación adelantados de manera informal.

3.4.1. Caso I+D

El efecto aleatorio asociado al nivel 2, en el modelo de intercepto aleatorio presentado en el acápite anterior, muestra que la probabilidad de respuesta para cada categoría de la variable dependiente –aquí el desempeño innovador– varía de una industria a otra³¹. Pero ese modelo asume que el efecto de las variables explicativas es el mismo a través de todas las industrias. Los modelos de pendientes aleatorias, esto es, con coeficientes aleatorios para variables del nivel 1 –como los que se presentarán a continuación–, permiten relajar el supuesto anterior. En consecuencia, facilitan evaluar si el efecto de una o más variables explicativas varía entre los grupos (industrias) aleatoriamente (Hox, 2002; Snijders y Bosker, 2012). Para los propósitos de este estudio, esto es, la identificación de las

³¹ En caso de requerirse, aunque no es usual, estos resultados se mostrarían en un anexo.

características de las firmas que son las mayores fuentes de heterogeneidad, y considerando que los análisis anteriores mostraron a la I+D como la de mayor importancia, es fundamental establecer si la incidencia de esta actividad cambia de una industria a otra. Es decir, si la importancia de hacer o no I+D cambia según el contexto – industria– o, en otros términos, si la industria importa. Esta es, por lo demás, una vía fundamental para evaluar de manera conjunta la influencia de factores micro y meso, en aspectos específicos de los procesos de innovación. Y desde la perspectiva de la heterogeneidad significa identificar una tercera fuente de heterogeneidad.

Los resultados de la estimación del modelo con efectos aleatorios tanto para el intercepto como para el coeficiente de la variable I+D, presentados en la **Tabla 3.13**, muestran la significancia de los parámetros aleatorios –varianzas y covarianzas–, de acuerdo con el LR Test, el cual revela para nuestro caso que son significativamente distintos de cero. Este resultado aporta evidencia de lo importante que es incorporar en el modelo la aleatoriedad del coeficiente de la I+D, pues éste cambia de una industria a otra y, en consecuencia, hacer o no I+D contribuye no solo a dar cuenta de las diferencias en el comportamiento innovador de las firmas sino que muestra –y es lo importante aquí– que el grado de esa contribución es distinto en cada industria. Ello significa, en otros términos, que la industria importa, pues el papel de la I+D como fuente de heterogeneidad depende de la industria en que se evalúe. Así se valida la hipótesis **H6**.

Ahora bien, el cálculo de *la varianza entre las industrias*, que en este caso específico está afectada por el efecto aleatorio asociado a la I+D, muestra que en el caso de las firmas

que no realizan I+D, la varianza entre las industrias es igual a 0.187, y que en el caso de las firmas que hacen I+D la varianza es igual a 1.117³².

Tabla 3.13. Modelo con intercepto y pendiente aleatorios (para el caso de la I+D)

Mixed-effects ologit regression				Number of obs = 568		
Group variable: ciiu2				Number of groups = 17		
				Obs per group:		
				min =	20	
				avg =	33.4	
				max =	85	
Integration method: mvaghermite				Integration pts. = 7		
				Wald chi2(9)	= 279.23	
Log likelihood = -437.69278				Prob > chi2	= 0.0000	
desinnalcance	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
rdsbdpt	.6074225	.269749	2.25	0.024	.0787241	1.136121
hrqual	.0154723	.0069719	2.22	0.026	.0018076	.029137
actcytdummy	-.5848709	.3619804	-1.62	0.106	-1.294339	.1245976
clientdummy	1.489525	.222353	6.70	0.000	1.053721	1.925329
id	2.759182	.4372152	6.31	0.000	1.902256	3.616108
mye	1.74164	.2120706	8.21	0.000	1.325989	2.157291
diseno	1.111687	.3146191	3.53	0.000	.4950449	1.728329
ingot	2.196204	.231837	9.47	0.000	1.741812	2.650596
tam	.5670093	.1591925	3.56	0.000	.2549977	.8790209
/cut1	2.404178	.3144432	7.65	0.000	1.787881	3.020476
/cut2	4.182122	.3533554	11.84	0.000	3.489558	4.874686
/cut3	8.717826	.545196	15.99	0.000	7.649262	9.786391
ciiu2						
var(id)	.3923064	.000051			.3922063	.3924064
var(_cons)	.1871084	.0000373			.1870353	.1871816
ciiu2						
cov(_cons,id)	.2709314	.0000273	9907.65	0.000	.2708778	.270985
LR test vs. ologit model: chi2(3) = 12.43				Prob > chi2 = 0.0061		

LR test vs. ologit model: chi2(3) = 12.43

Prob > chi2 = 0.0061

Note: LR test is conservative and provided only for reference.

Fuente: elaboración propia.

³² El cálculo de la varianza entre los grupos es:

$$\begin{aligned} \text{var}(u_{0j} + u_{1j}x_{ij}) &= \text{var}(u_{0j}) + 2\text{cov}(u_{0j}, u_{1j})x_{ij} + \text{var}(u_{1j})x_{ij}^2 \\ &= \sigma_{u0}^2 + 2\sigma_{u01}x_{ij} + \sigma_{u1}^2x_{ij}^2 \end{aligned}$$

Cuando x es binaria la varianza se reduce a:

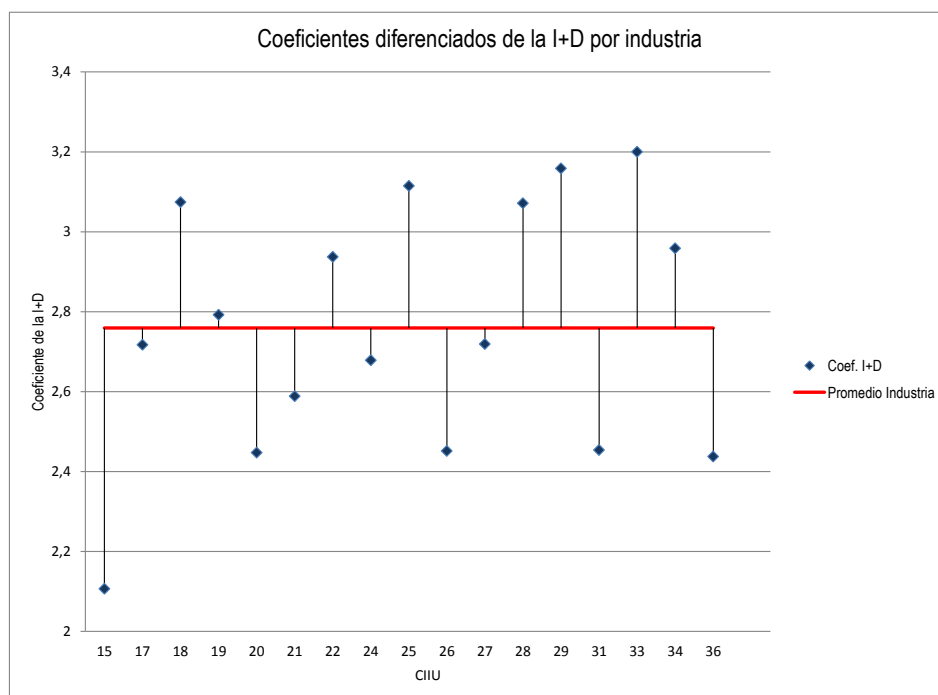
σ_{u0}^2 , para $x_{ij} = 0$;

$\sigma_{u0}^2 + 2\sigma_{u01} + \sigma_{u1}^2$, para $x_{ij} = 1$

La mayor varianza entre industrias para las empresas que hacen I+D, sugiere que la industria importa más –como fuente de heterogeneidad en el desempeño innovador– para estas empresas, que para las firmas que no hacen I+D. Sin embargo, lo más destacado aquí es la elevada diferencia entre los dos casos, que es de seis veces. Por tanto, la I+D también es una fuente fundamental de heterogeneidad por su impacto tan protuberantemente variado entre las distintas industrias. Las diferencias en el coeficiente –pendiente– de la I+D en las distintas industrias se visualiza de manera más clara en la **Figura 3.5**³³. En ella se muestra una alta dispersión en el nivel de dichos coeficientes frente al 2.75 que en promedio –como componente fijo–tiene la IByC en su conjunto. Las diferencias frente a dicho coeficiente son bastantes altas en la mayoría de las industrias, y ello confirma que las industrias importan mucho a la hora de evaluar la importancia de la I+D.

Un análisis adicional, de las covarianzas entre los dos efectos aleatorios, esto es, del intercepto y del coeficiente de la variable I+D, muestra la existencia de una correlación positiva y significativa entre los dos términos de error. Esto significa que las industrias con una proporción más alta de firmas que tienen un alto desempeño innovador –en comparación con el promedio del conjunto del sector manufacturero–, esto es, con un término aleatorio asociado al intercepto mayor que cero, tienden a tener también una mayor diferencia en el desempeño innovador entre las firmas que hacen I+D y las que no la realizan, esto es, con un término aleatorio asociado al coeficiente de la I+D mayor que cero; y lo contrario ocurre con las restantes industrias.

³³ Este gráfico se construye a partir de la post-estimación del efecto aleatorio asociado a la pendiente de la I+D. El cual capta las variaciones al nivel de las industrias. Los valores de los coeficientes para cada una de las industrias resultan de adicionar, en cada caso, los valores aleatorios al valor del componente fijo, que en este caso es de 2.75 –el valor de la pendiente promedio–, como se muestra en la tabla 3.9.

Figura 3.5. Efecto de la I+D sobre el desempeño según el sector industrial

Fuente: EIByC II (2010).

Esto corrobora los resultados planteados arriba, que ponen de manifiesto cómo la I+D es fuente de mayor heterogeneidad en las industrias donde el desempeño innovador es más alto. Esta confirmación resalta aún más el papel de la I+D como una fuente específica y fundamental de heterogeneidad innovadora. Estos resultados complementan los obtenidos a partir de análisis convencionales. En efecto, los análisis que consideran como fijos los efectos de los distintos factores individuales micro sobre el desempeño innovador corroboran, en síntesis, que la I+D es la variable con mayor impacto en los desempeños innovadores, y que los efectos de sus cambios marginales, son los más altos entre todos los recursos y capacidades específicos de las firmas. Los resultados arrojados por la introducción del componente aleatorio en dicho vínculo, entre las variables independientes individuales (I+D en este caso) y el desempeño innovador, muestran que el efecto de la I+D cambia de manera significativa entre las distintas industrias. Pero esas diferencias son de tal magnitud que no considerarlas, como ocurre cuando se aplican solo

los modelos de efectos fijos, significa desconocer una fuente fundamental de heterogeneidad, y esto introduce severas distorsiones en la percepción e interpretación de las variaciones en el desempeño innovador. En términos más generales, conduce a errores significativos en los estudios de la innovación en la comprensión de la heterogeneidad que caracteriza a su objeto de análisis.

3.4.2. Casos: maquinaria y equipo, ingeniería y diseño

Para facilitar la exposición de los resultados, en este acápite se sintetizan los hallazgos de los ejercicios multinivel efectuados para evaluar la incidencia de las industrias –nivel 2– sobre los efectos de las actividades –incorporación de maquinaria y equipo, ingeniería y diseño– que dan cuenta de los procesos informales de innovación. Dichos resultados y sus análisis respectivos se presentan en el **Anexo 1**.

En comparación con los resultados arrojados por interacción entre I+D e industrias, los hallados para esas otras actividades muestran, en primer lugar, que el contexto importa en todos casos y que, en consecuencia, los efectos de esas otras actividades (informales) sobre las variaciones en el desempeño innovar cambian de una industria a otra. Indican, en segundo lugar, que en todos los casos las industrias importan más para las firmas que realizan esas actividades que para las que no lo hacen, con una diferencia en sus varianzas debidas al nivel 2 que oscila entre 3.1 y 4.3 veces (Anexos 1); es decir, esas variaciones son inferiores a las registradas en el caso de la I+D –esto apunta a confirmar la hipótesis **H6**–. Finalmente, señalan en que en los casos de ingeniería y diseño, el patrón de heterogeneidad es similar al encontrado para la I+D, y que en el caso de maquinaria y equipo es inverso.

Esos resultados confirman que la heterogeneidad derivada de la interacción I+D vs industrias es más alto que en los otros casos, especialmente en las industrias más

dinámicas, donde las diferencias entre las que realizan esta actividad y las que no es mayor. Indican que lo opuesto ocurre en el caso de la maquinaria y equipo, es decir, que actividad que es una mayor fuente de heterogeneidad en las industrias menos dinámicas, en las que prima el cambio tecnológico incorporado en la maquinaria y equipo importado, mientras que su incidencia en la heterogeneidad se reduce significativamente en las industrias más dinámicas, donde el cambio técnico es más endógeno y la I+D pesa más. Ese contraste se reproduce, con menor intensidad, en los casos de la ingeniería y el diseño, que son fuente creciente de heterogeneidad en las industrias tecnológicamente más dinámicas –medido por el desempeño innovador–. Es decir, también en las formas de innovar más informales el peso de las actividades de innovación endógenas cumple un papel fundamental como motor del aumento en el desempeño innovador de las industrias.

4. Discusión e implicaciones

En este capítulo se reproduce la estructura de la indagación efectuada, esto es (i) el “modelo nulo” que permite contrastar los hallazgos sobre la contribución agregada de los niveles meso y micro a la heterogeneidad innovativa; (ii) las fuentes meso heterogeneidad; (iii) las fuentes micro; (iv) la interacción meso – micro como fuente de heterogeneidad. En cada acápite se sintetizan los propósitos y resultados empíricos; luego se discuten los hallazgos a la luz de la revisión de la literatura efectuada en el primer capítulo y se hacen explícitas tanto las contribuciones como las implicaciones del trabajo. El capítulo culmina con la presentación de algunas implicaciones teóricas que emergen del trabajo, y que van más allá del ámbito de la heterogeneidad.

4.1. Fuentes (agregadas) meso y micro de la heterogeneidad innovativa

El trabajo expuesto fue originado por la convicción sobre la importancia de contribuir a superar la fractura micro - meso que ha predominado en los ámbitos del management estratégico como de la innovación (Hitt et al., 2007; Dosi et al., 2010); en particular, el *trade off* entre la visión de la heterogeneidad innovativa como un fenómeno interindustrial o intraindustrial (Malerba, 2004; Mani y Malerba, 2009; Leiponen y Drejer, 2007; Srholec y Verspagen, 2012). Se partió de una réplica de los análisis realizados en los países desarrollados, y luego se realizó una indagación progresiva, orientada a profundizar en la identificación de las fuentes específicas de heterogeneidad del contexto (tecnológico e industrial) y de las firmas que “explican” las variaciones en el desempeño innovador. Para ello se acudió a la teoría evolutiva –apoyada en la RBV– y la técnica multinivel que facilitan el estudio de la innovación como un fenómeno de naturaleza interdisciplinar y multinivel.

El ejercicio inicial fue validar, mediante el “modelo nulo”, los hallazgos de los estudios hechos en los países desarrollados sobre las contribuciones meso y micro a la heterogeneidad. Esto permitió confirmarlos para el caso de la IByC, es decir, un contexto de bajo desarrollo tecnológico. Así se corroboró que tanto firmas como industrias contribuyen a la heterogeneidad en el desempeño innovador de las firmas y, además, que la contribución de las firmas es mucho mayor que la aportada por las industrias.

Esos resultados tienen importantes implicaciones: por una parte, corroboran que los centrados en un solo nivel –micro o meso– son incompletos y proclives a inducir interpretaciones y diagnósticos equivocados. Confirman que una interpretación adecuada del fenómeno innovador requiere del análisis conjunto (simultáneo) de estos dos niveles –jerárquicos– de la realidad, pues ambos son fuente de heterogeneidad y variaciones en el desempeño innovador de las firmas. La articulación necesaria que de allí se deriva es, además, consistente con los estudios evolutivos sobre la innovación, que la conciben como producto de factores sistémicos (Edquist, 2005; Clausen, 2013); también, con los requerimientos de cualquier decisión estratégica sobre la innovación.

Por otra parte, permiten vislumbrar un hecho estilizado porque coincide con los hallazgos de los estudios en el ámbito del *management* –desde las perspectivas opuestas de la organización industrial y de la RBV– sobre la mayor contribución relativa de las firmas –frente a las industrias– a la heterogeneidad en su desempeño económico –beneficios– (Rumelt, 1991; McGahan y Porter, 1997); también, con los hallazgos de los estudios sobre la heterogeneidad de la innovación que concuerdan en el mayor peso del nivel micro sobre las variaciones en la innovación (Srholec y Verspagen, 2012; Srholec, 2011; y Clausen, 2013). Ahora bien, que en un contexto distinto, esto es, de bajo desarrollo

tecnológico –como la IByC–, la contribución de las firmas a la heterogeneidad innovativa también sea mucho mayor que la originada en las industrias da cuenta de una regularidad empírica que sugiere que estamos en presencia de un *hecho estilizado*, que reclama de mayor desarrollo teórico para su interpretación. (Helfat, 2007)

Tal desarrollo teórico en este caso resulta insoslayable pues este hecho desvirtúa –en la práctica– un planteamiento central en la teoría evolutiva: que el ritmo y dirección –la trayectoria– del desarrollo tecnológico está determinado por los regímenes tecnológicos, que funcionan como las avenidas por las que pueden desplazarse y avanzar las firmas (Dosi y Nelson, 2010). Avenidas que como tal facilitan pero, a la vez, determinan un rango limitado de posibilidades de innovación de las firmas (Nelson y Winter, 1982; Dosi, 1982; Malerba y Orsenigo, 1996; Pérez, 2001). Por eso la visión que ha predominado desde esta perspectiva es que la innovación es un fenómeno de carácter básicamente interindustrial. Sin embargo, la regularidad aquí corroborada sugiere que las firmas tienen un rango de opciones y comportamientos mucho más variado –heterogéneo– del reconocido desde esta perspectiva teórica. Por lo tanto, la teoría debería dar cuenta de ello.

Para avanzar en esa dirección la presente investigación ahondó –más allá de los estudios hasta ahora realizados– en la búsqueda de las fuentes específicas de heterogeneidad en cada uno de los dos niveles, y en su interacción, con los hallazgos que se discutirán en lo que sigue.

4.2. Características (específicas) de las industrias como fuentes de heterogeneidad innovativa

Uno de los propósitos centrales de este trabajo fue establecer las fuentes específicas de heterogeneidad provenientes del contexto tecnológico e industrial que contribuyen a las variaciones en el desempeño innovador de las firmas, y una de las principales fortalezas de la técnica multinivel es precisamente facilitar este tipo de indagación³⁴. En esta dirección la indagación se centró en evaluar la capacidad de las nociones centrales para el análisis de la innovación en el nivel meso –los regímenes tecnológicos y de la taxonomía de Pavitt– para explicar la contribución del nivel 2 –meso– a la varianza (heterogeneidad) en la innovación de las firmas; y para obviar el determinismo tecnológico, al que es proclive un análisis centrado en la oferta (Nelson, 1991; 2008), también se analizó la demanda, acudiendo a la noción de regímenes de demanda.

Con respecto a los regímenes tecnológicos, los resultados soportan la hipótesis referente a la poca capacidad de los regímenes tecnológicos Mark I y Mark II para captar las fuentes meso de la heterogeneidad en la innovación de las firmas de la IByC. Esto no cuestiona la vigencia de los regímenes, validada de manera reiterada en los países desarrollados (Malerba y Orsenigo, 1996; Breschi et al., 2000; Peneder, 2010); más bien, refuerza la idea de que su luz es muy tenue en la periferia, esto es, en contextos –como el de la IByC– en los que la apropiación de los conocimientos científicos y de las tecnologías medulares que los impulsan es precaria, y antes que generar invenciones –patentadas– e innovaciones con alto grado de novedad basados en ellos, predomina la adopción de las nuevas tecnologías y la imitación de los productos originados en los regímenes, o la

³⁴ Permite explorar por los factores explicativos del nivel 2 a la varianza total de la variable dependiente –del nivel 1–.

adaptación al contexto con innovaciones difusivas e incrementales (Malaver y Vargas, 2013). Por ello, aunque en estos contextos los regímenes operen, están muy “diluidos”.

Al respecto, cabe recordar que los autores centrales de la teoría evolutiva han insistido en que ésta está desarrollada para industrias *technology driven*, donde la ciencia y la tecnología impulsan la dinámica competitiva y donde la I+D organizada es la fuente principal de la innovación (Nelson y Winter, 2002; Dosi y Nelson, 2010). En ellas aplican y operan los regímenes tecnológicos (Nelson y Winter, 2002; Breschi et al., 2002; Archibugi, 2001); no necesariamente para las demás industrias. Al respecto, esos autores señalan de manera explícita que para industrias que no son *technology driven*, este marco analítico tiene poco que decir (Nelson y Winter, 2002; Dosi y Nelson, 2010). En la IByC, donde la innovación es guiada por los aprendizajes derivados de la práctica y es resultado de actividades de innovación sin I+D, los resultados de los ejercicios efectuados apuntan a confirmar estos planteamientos, para el caso de los regímenes tecnológicos.

Los resultados confirman al mismo tiempo la hipótesis formulada en torno a que la Taxonomía de Pavitt (1984), es más aplicable y da más luces sobre la innovación en la IByC que los regímenes tecnológicos. A pesar de que dicha taxonomía está inspirada en ellos, su categoría *dominados por el proveedor* capta mejor las formas de innovación predominantes en Latinoamérica (Pietrobelli y Rabellotti, 2008), en Colombia y en la IByC en particular. Así lo corrobora su elevada contribución (del 55.3%) a la explicación de la varianza en el desempeño innovador de las firmas debida al nivel 2. Esto se constituye en un indicador que corrobora los hallazgos de otros estudios sobre el hecho de que en este contexto el grueso del cambio tecnológico está asociado a la absorción tecnológica, y predomina la innovación “difusiva” (Jaramillo et al., 2000; Malaver y

Vargas, 2006; 2013; Dini, et al., 2014), que de allí se desprende es, por lo visto aquí, la mayor fuente meso de heterogeneidad. Esto es consistente, aquí, con el hecho de que la categoría industrias basadas en la ciencia, que teóricamente tendrían un mayor vínculo con el desarrollo tecnológico, pesa muy poco en la estructura industrial. Esto como se vio en el capítulo anterior y de discutirá más adelante tiene hondas implicaciones para una adecuada explicación de la heterogeneidad, pues en las industrias pertenecientes a esas dos categorías la heterogeneidad sigue patrones distintos y su impacto sobre la dinámica de la innovación también es distinta. Cabe advertir, que aunque la categoría dominado por el proveedor aquí haya mostrado ser aplicable y significativa, y esto corrobore los resultados de otros estudios que la han aplicado a América Latina (Pietrobelli y Rabellotti, 2008; Cepal, 2007), demostrándose así la utilidad de la taxonomía de Pavitt (1984); las otras categorías resultan menos claras. Es el caso de la categoría que cubre las industrias “basadas en la ciencia”, que fue eliminada en los estudios en mención, con lo cual queda incompleta y se rompe el diálogo teórico, pues es la más cercana a la noción de regímenes. A ello deben sumarse los reparos de Archibugi (2001) al hecho de que esa taxonomía fue elaborada a partir de firmas innovadoras –no de industrias–, y a que agrupó sus categorías en industrias, es decir, atendiendo una lógica de agrupación basada en la semejanza de sus productos y no en las tecnologías, tornándose así propensa a una heterogeneidad tecnológica espuria y a generar errores de interpretación. Adicionalmente, se debe tener en cuenta el poco aporte –cercano apenas el 5% del total– del nivel meso a la heterogeneidad. De este modo, para contextos como la IByC, en las condiciones actuales, es poca la contribución de este nivel a la comprensión de la heterogeneidad en su conjunto.

Las *implicaciones* de estos resultados superan, de lejos, los alcances de la problemática que aquí nos ocupa –la heterogeneidad– pues muestran la necesidad de desarrollos analíticos para entender la heterogeneidad interindustrial y su incidencia en las asimetrías de la innovación. Para captar la heterogeneidad meso, el más útil es el desarrollo de nociones que cumplan el mismo papel que hoy cumplen de los regímenes tecnológicos en las industrias que hacen un uso intensivo directo de los avances científicos y tecnológicos para innovar –que son *technology driven*–. Esto significa que se requieren de nuevas nociones que sean equivalentes analíticos de los regímenes para captar las diferencias entre industrias donde se innova de un modo diferente, esto es, con base en la incorporación de las nuevas tecnologías desarrolladas por otros (incluido el software), en sus aprendizajes empíricos, y sin I+D. Formas de innovar que predominan en la mayoría de las industrias del sector manufacturero en América Latina (Cepal, 2007; Malaver y Vargas, 2004 y 2013; Dini y Stumpo, 2011) y que, por lo demás, tienen una presencia importante incluso en los países desarrollados, especialmente en las industrias de baja intensidad tecnológica (von Tunzelman y Acha, 2005; Arundel, Bordoy y Kanerva, 2008)

Una propuesta con el nivel de generalidad requerido para captar la innovación en un amplio conjunto de industrias donde no se innova con I+D, y menos con los conocimientos y lógicas de la ciencia y la tecnología, es decir, donde los regímenes tecnológicos están diluidos, es la formulada por Jensen et al. (2007) a través del modo de innovación DUI, esto es, basado en el *doing, using and interacting*. En dicho modo, el conocimiento puesto en acción en los procesos de innovación es obtenido –internamente– de los aprendizajes derivados de la experiencia, y –externamente– de la interacción con actores del mercado –clientes y usuarios– (Chen, Chen y Vanhaverbeke, 2011). Este concuerda no solo con lo señalado arriba sobre la innovación imperante en América

Latina sino, en particular, con los resultados aquí obtenidos, que se discutirán más adelante. Por ello, constituye una veta promisorio para avanzar en esas nuevas nociones.

Al respecto, cabe advertir que la propuesta de Jensen et al. (2007) ha generado una importante cantidad de extensiones y validaciones empíricas (Chen et al., 2011; Parrilli y Elola, 2012 y Parrilli y Heras, 2016), que confirman sus potencialidades de desarrollo; pero que también enfrenta algunas dificultades, una endógena: a semejanza de la taxonomía de Pavitt (1984) se ha construido a partir de información micro, lo que la torna ambigua para ser analizada como una fuente meso, aunque podría ser analizada desde lo meso, con una lógica análoga a la de Pavitt (1984) y de los regímenes tecnológicos. Otra dificultad, es exógena, aunque en principio habría espacio para el diálogo académico, pero éste no ha sido intentado desde alguna de las dos perspectivas –la evolutiva y los modos de innovar–.

Hasta que tales nociones o categorías no sean desarrolladas está limitada la posibilidad de avanzar en la comprensión de las fuentes de heterogeneidad meso y de su contribución a la heterogeneidad. Mientras esas nociones se desarrollan, o las articulaciones entre las extensiones de los regímenes y del DUI se dan, existe el imperativo práctico de lidiar con el vacío existente. Vacío consistente, repitámoslo, en la carencia de categorías que den cuenta de la innovación en las industrias cuya dinámica de la innovación y la competencia está ligada a la absorción de tecnologías desarrolladas en otras industrias. Estas industrias predominan en los contextos de bajo desarrollo tecnológico, como la IByC, pero también tienen una presencia significativa en los países desarrollados (von Tunzelman y Acha, 2005). Mientras se desarrollan tales categorías, las de Pavitt (1984), en particular la de industrias *dominadas por el proveedor* resulta útil como un mecanismo sucedáneo para el

corto plazo, como aquí se ha corroborado. Pero con una advertencia: en este caso la innovación no solo proviene del vínculo con el proveedor sino de la necesidad de adaptar –a veces de manera innovadora– esas tecnologías –incorporadas en maquinaria y equipo– a las características del contexto, bien sea la planta o, sobre todo, la demanda.

Esta última –*la demanda*–, juega un papel clave y nítido como fuente meso –industrial– de heterogeneidad, como aquí se comprobó, por su importante contribución a las variaciones en el desempeño innovador. Esto implicó pasar del énfasis puesto en la literatura sobre paradigmas y regímenes tecnológicos en el papel de la demanda como mecanismo de selección del mercado –convirtiéndola de ese modo en una fuerza homogenizadora–, especialmente, en las etapas intermedias del ciclo de vida industrial ligado a las trayectorias tecnológicas (Dosi y Nelson, 2010; Utterback y Abernathy, 1975), hacia un énfasis puesto en su papel de fuente de heterogeneidad intraindustrial. Para ello aquí se acudió a la noción de *regímenes de demanda* originados en la heterogeneidad de las necesidades y preferencias de los consumidores. Los resultados confirman su significativa incidencia en las variaciones en el desempeño innovador de las firmas; de allí la necesidad de profundizar en ellos.

La heterogeneidad de los consumidores da lugar a la conformación de mercados y submercados persistentes al interior de las industrias (Nelson, 1991 y 2008; Adner y Levinthal, 2001). Tal diversidad convierte a las industrias en espacios multimercados, heterogéneos. Estos se diferencian por los cambios en las preferencias –atributos que más valoran los consumidores– para evaluar los productos ofrecidos por las firmas que los atienden –conformando grupos estratégicos– y que compiten para satisfacerlos mejor y con ventajas. Esa diversidad de criterios de valoración de los productos –como sus

precios y valor agregado que los diferencia– da lugar a los regímenes de demanda homogéneos y fragmentados (Capone et al., 2013), que reclaman capacidades tecnológicas y de innovación distintas para competir en ellos con éxito.

De ese modo, la incorporación de la demanda a la indagación conjunta –en análisis multinivel– por las fuentes de la heterogeneidad muestra que la demanda constituye, en efecto, una importante fuente industrial de heterogeneidad innovadora. También incide en las decisiones y estrategias de innovar el tamaño y dinámica de esos mercados –ligados a la distribución y avance del ingreso de los consumidores de la respectiva economía–; pero su efecto sobre la innovación es difícil de captar en estudios transversales, a diferencia de su composición y tamaño. En el caso de la IByC, los resultados mostraron poco espacio para los productos diferenciados originados en la industria regional y ello se traduce, a título de conjetura, en el bajo desarrollo de un régimen de demanda fragmentado horizontalmente.

En síntesis, los resultados obtenidos muestran la importancia fundamental de examinar de manera simultánea el papel de los patrones sectoriales de desarrollo tecnológico –factores de oferta– captados por la taxonomía de Pavitt con el jugado por los regímenes de la demanda, pues ambos son responsables de más del 75% de la contribución meso a la heterogeneidad en la innovación de las firmas. Esto indica, de manera fehaciente, que una comprensión adecuada del desempeño innovador involucra factores *multinivel* y *multidimensionales* –de oferta científica y tecnológica, de demanda e institucional–. Esto constituye un aporte a la literatura sobre la heterogeneidad –multinivel– de la innovación.

4.3. Características (específicas) de las firmas como fuentes de la heterogeneidad innovativa

Cabe recordar que el objetivo del análisis micro fue ahondar en la búsqueda de las fuentes específicas de heterogeneidad de las firmas. Y que, además, dada su alta contribución a ella, el análisis se realizó en dos momentos: primero a través de un análisis descriptivo que dio cuenta de las características de esa heterogeneidad y su incidencia en la innovación; luego, mediante ejercicios multinivel se indagó por la incidencia de la heterogeneidad en el desempeño innovador, dentro de la lógica meso-micro. Siguiendo la estructura del texto, enseguida se discuten los resultados siguiendo ese orden.

Los *análisis descriptivos* muestran hallazgos relevantes: el primero es que, tal como se planteó en el capítulo 1, existen diferencias significativas entre las características específicas de las firmas que definen su heterogeneidad y los desempeños innovadores asociados a ellas. Segundo, que efectivamente, existen una doble heterogeneidad: la que proviene de las distintas formas de innovar –con y sin I+D– y la que se origina al interior de cada una de dichas formas de innovar, por las diferencias en la innovatividad de las firmas.

Lo más significativo de esos resultados es mostrar que en ambas dimensiones de esa heterogeneidad las brechas son crecientes, y que ello está asociado al aumento de la innovatividad. En el primer caso, la brecha –heterogeneidad– entre las firmas menos innovadoras de ambos modos de innovar –con y sin I+D– son mucho menores que entre las firmas más innovativas de los grupos. La heterogeneidad aumenta mucho más en los núcleos de firmas más innovadoras de las dos formas de innovar. En el segundo caso, ,

esto es, dentro de cada grupo, ese patrón se repite, solo que es mayor entre las firmas que innovan con I+D.

Esto significa que incluso en contextos de bajo desarrollo tecnológico, como el que caracteriza la IByC, la formalización de la innovación se convierte en una fuente sustancial de aumento de la innovatividad de las firmas y de heterogeneidad, frente a las firmas que innovan informalmente. Por lo tanto, la rutinización es una fuente de innovatividad, como lo plantea Becker (2009); y es fuente de una heterogeneidad que es positiva, en términos del desarrollo tecnológico.

Esta situación contrasta con la que se presenta en las firmas que innovan de manera más informal. Pues allí, en razón del predominio de lo tácito e idiosincrático, la heterogeneidad es más profusa. Pero en esos contextos organizacionales la creatividad está obstruida, y las innovaciones obtenidas cambian en unos rangos muy estrechos: los de innovaciones difusivas e incrementales. Por ello, aunque existan diferencias entre las firmas, la brecha en términos de innovatividad es menor.

No obstante lo anterior, el aumento de la brecha creciente entre las firmas más innovadoras de las que innovan con I+D, frente a las que innovan de manera informal, tiene un límite. Este límite es impuesto por la poca investigación desplegada en las actividades de I+D, que se traduce en poca originalidad y alcance de las innovaciones obtenidas. Esto conduce finalmente, a una situación en la que también en este caso, los márgenes entre los cuales varían los desempeños innovadores de las firmas son relativamente bajos.

Una síntesis de los hallazgos descritos, sobre los rasgos que caracterizan la heterogeneidad de la innovación en un contexto de bajo desarrollo tecnológico, indica que

esta es profusa, y es creciente –a medida que aumenta la innovatividad, y crece la brecha entre las firmas más y menos innovadoras, pero es acotada. Esos resultados y los que aportan los *análisis econométricos* sobre la heterogeneidad de las firmas cuando se insertan en la lógica multinivel, esto es, del análisis conjunto meso – micro, se analizan en seguida, con mayor detalle, y una intencionalidad más explicativa acudiendo al arsenal analítico provisto por la teoría evolutiva y la RBV.

Al respecto, los hallazgos empíricos muestran que en la IByC los recursos y las capacidades inciden de manera significativa en el desempeño innovador y en sus variaciones, tal como lo plantean la RBV y la teoría evolutiva de la innovación. Pero también muestran que *la incidencia de **los recursos** es mucho menor que la proveniente de las capacidades*. Y este último hecho es bastante significativo pues apunta a validar, por un lado, los planteamientos de la RBV acerca de la importancia de los recursos de la firma, en particular, los que son estratégicos porque son construidos a su interior –son específicos– y son raros y valiosos –contribuyen significativamente a su innovación– (Helfat y Peteraf, 2003); también validan, por otro lado, lo planteado –aquí– acerca de que ese valor estratégico se materializa y potencia cuando se articulan con otros recursos para realizar actividades orientadas a obtener resultados concretos, es decir, cuando se incorporan de manera efectiva al despliegue de las capacidades innovativas de la firma y, más aún, cuando existen esfuerzos y arreglos organizacionales propicios para el desarrollo de dichos recursos y capacidades. Cuando este contexto organizacional no existe, su potencial estratégico se ve obstruido.

Este hallazgo concuerda, al nivel empírico y para el caso de los recursos humanos, con el de Brundenius, Lundvall y Sutz (2008), quienes muestran que si bien el nivel de

calificación de los trabajadores españoles es mayor que el de los franceses, el desempeño innovador de las firmas francesas es muy superior al de sus pares españolas. Lo confirma además lo que ocurre para el conjunto de la economía de Bogotá y Cundinamarca, pues el nivel educativo de su fuerza laboral cercana al promedio del conjunto de las regiones de los países que conforman la OECD, pero su RIS –Regional Innovation Scoreboard– es apenas el 48.3% del promedio de las regiones de los países que hacen parte de la Unión Europea (Malaver, Vargas y Mendez, 2014). Esto indica que la formación formal –en el sistema educativo– de los recursos humanos es necesaria pero no es suficiente para alcanzar un desempeño similar al de regiones donde las firmas cuentan con más capacidades y entornos más favorables para desplegar la creatividad y para innovar.

En la misma dirección apunta el planteamiento de Dierickx y Cool (1989) cuando desde la RBV sostienen que si en un determinado momento un recurso individual, por ejemplo, una marca, es fuente de ventajas competitivas, ello es el resultado de un flujo de esfuerzos sostenidos de la firma por elaborar productos de calidad y con alto valor agregado para los consumidores, es decir, en ello están implicadas capacidades productivas y comerciales, y no solo una estrategia –aislada– de desarrollo de la marca. Por lo tanto, recursos humanos calificados –formalmente–, que no se puedan articular a esfuerzos institucionalizados de desarrollo de las capacidades para innovar, difícilmente tendrán los aprendizajes únicos que los constituirán en recursos humanos específicos de la firma, que la diferenciarán de sus competidores e incidirán de manera significativa en su desempeño innovador. Esto muestra la interdependencia estratégica entre recursos y capacidades para innovar, así como la subsecuente posibilidad y utilidad de la articulación teórica de la RBV y la teoría evolutiva, avizorada en algunos casos o puesta en práctica en otros, desde ambas perspectivas. (Barney, 2001; Helfat y Winter, 2011; Srholec, 2012)

La indagación por las diferencias en *las capacidades* y su impacto en la heterogeneidad innovadora se apoyó, por una parte, teóricamente, en la coincidencia entre RBV y la teoría evolutiva de la innovación en torno a que, a lo largo de su historia, la firma logra aprendizajes que contribuyen a construir recursos y capacidades específicos que la diferencian de sus competidores (Nelson y Winter, 1982; Dierickx y Cool, 2007; Nelson, 1991 y 2008; Winter, 2006; Barney, 1991 y 2001). Por otra parte, metodológicamente, también se apoyó en la aproximación *a través de las prácticas*, en las que en un determinado momento del tiempo, los conocimientos derivados de esos aprendizajes se despliegan; prácticas que, a la vez, constituyen las proxies de las maneras institucionalizadas de hacer las cosas –las rutinas– en las firmas (Whittington, 2007; Nelson y Sampat, 2001), que en nuestro caso *definen el tipo de actividades* que configuran y caracterizan los procesos de innovación.

Las prácticas ofrecen, además, las posibilidades –analíticas– de comparar de manera transversal las capacidades y desempeños de un conjunto de firmas y de industrias (Whittington, 2007), y derivar de allí información útil para la profundización en la indagación por la heterogeneidad en la innovación. Esa aproximación al proceso de innovación a través de las prácticas se hizo, además, con un nivel de abstracción –de parsimonia– que posibilitó captar en las actividades de innovación y en los vínculos con otras fuentes y actores del entorno, las diferentes maneras –modos– de innovar y su incidencia en el desempeño innovador, y en ese contexto evaluar la contribución de las fuentes individuales de heterogeneidad³⁵.

³⁵ Frente a la literatura que ha medido de manera conjunta la heterogeneidad, aquí se construyen las variables y relaciones de modo que los resultados se puede interpretar desde las lógicas –micro– intrínsecas de los marcos analíticos en cuestión; además, el recurso metodológico, de acudir a la teoría de las prácticas,

Los resultados muestran que el 78.3% de las firmas que innovan lo hacen a través de actividades *diferentes a la I+D* –adquisición de maquinaria y equipo, ingeniería, diseño–, (Tabla 2.2.b). Así corroboran los hallazgos de otros estudios sobre el predominio de estas formas de innovar en la IByC (Malaver y Vargas, 2004; 2006; 2013). La interpretación de esta realidad muestra, de una parte, que esas actividades –informales– de innovación tienen alta incidencia en los desempeños innovadores de las firmas y sus variaciones y, de otra, que su predominio ilustra la fehaciente coexistencia de variadas formas de innovar al interior de cada industria –con y sin I+D– o, dicho de otro modo, confirman de entrada una fuerte heterogeneidad intraindustrial –micro–. Es decir, indican que hay *dos fuentes de heterogeneidad*: (i) las formas de innovar –con y sin I+D– que tácita o explícitamente generan dos grupos de firmas, y (ii) las diferencias individuales entre las firmas incluso al interior de dichas agrupaciones de firmas.

Lo más relevante de esos resultados es lo que revelan acerca de las características de esas *distintas formas de innovar* y de su contribución a la heterogeneidad en los desempeños innovadores. Las *firmas que innovan mediante actividades diferentes a la I+D*, como lo han reiterado distintos estudios (Durán et al., 2000; Vargas et al., 2003; Malaver y Vargas, 2004, 2006 y 2011), innovan de manera informal y episódica, y obtienen innovaciones incrementales, en general, basadas en la adopción temprana y en la adaptación de desarrollos (tecnológicos y productos) generados en otros contextos. Las características de esos procesos de innovación concuerdan con los planteamientos evolutivos en el

permite usarlas como proxies de las rutinas, posibilitando ir más allá de lo particular –las rutinas específicas de cada empresa detectadas solo mediante análisis longitudinales– y comparar firmas e industrias, de manera transversal, para poder dar cuenta de la heterogeneidad en un momento del tiempo. De este modo, sin reñir con los planteamientos de una teoría de proceso –la evolutiva–, las prácticas permiten dar cuenta de la heterogeneidad de las –rutinas– capacidades y desempeños en un corte del tiempo. Así se amplían las posibilidades analíticas de dicha teoría, que tiene un costoso déficit en su capacidad para abordar los análisis de corto plazo.

sentido que generan aprendizajes informales, basados en la experiencia; los conocimientos así acumulados tienen un carácter tácito e idiosincrático (Dosi y Nelson, 2010; Jensen et al., 2007; Parrilli y Elola, 2012), y debido a esto son poco comprensibles e imitables por otras firmas. Esa diversidad en las características que diferencian a las firmas, se traduce en una profusa heterogeneidad, consustancial a esta forma de innovar que, además, por estar basada en componentes altamente tácitos e idiosincráticos tiende a persistir.

Este planteamiento sobre la heterogeneidad encuentra respaldo en lo señalado en la RBV en torno a que cuando los recursos acumulados y específicos a la firma son estratégicos y no se consiguen –no se transan– en el mercado, y para acceder a ellos las firmas rivales tienen que construir unos similares, se genera una imperfección en el mercado de factores –recursos humanos, por ejemplo– que se extiende al mercado de productos, pues ellos constituyen dos caras de la misma moneda (Dierickx y Cool, 1989; Hoopes et al., 2003; Barney y Mackey, 2016). En una perspectiva evolutiva, la mayor complejidad, que es consustancial al ensamble de esos y otros recursos en el conjunto de prácticas –rutinas– a través de las cuales se despliegan y desarrollan las habilidades para innovar –basadas en tácitos–, refuerzan esa heterogeneidad. Las diferencias se tornan más profundas, la dificultad para la imitación crece y, así, la imperfección en el mercado es mayor, y de esa manera la heterogeneidad se torna más persistente.

Sin embargo, las características de los procesos de innovación de esas firmas –de la IByC–, dan lugar a innovaciones de carácter incremental y con bajo grado de novedad, que como se dijo, en muchos casos resultan de la adopción temprana y de la adaptación al contexto de desarrollos externos (Malaver y Vargas, 2006; 2011). ¿Qué explica esos

desempeños? El carácter episódico e informal de esos procesos, que desarrolla habilidades para innovar pero, poco, capacidades para innovar –soportadas en rutinas–, y esto se traduce en una baja innovatividad, que explica los bajos desempeños innovadores. Y, lo que es más importante aquí, las brechas crecientes frente a las firmas que innovan con I+D.

A lo anterior se agrega la baja complejidad tecnológica de estas innovaciones, y esto facilita su imitación. Esta fragilidad se reduciría acudiendo a mecanismos de protección informal –tales como el secreto industrial– y el desarrollo de activos complementarios (Teece, 1986). Esto no sucede en la IByC, según se infiere de los resultados obtenidos en el análisis del nivel meso, que muestran que la apropiabilidad formal e informal no incide de manera significativa en su desempeño innovador. Y tal situación desestimula la innovación y, visto en conjunto, el poco avance innovador de la IByC.

Lo anterior significa, en términos de la teoría evolutiva al nivel micro, que esa informalidad dificulta el desarrollo y, por consiguiente, la aplicación de su noción central, las capacidades, para explicar los procesos de innovación en la IByC. Y eso explica su baja innovatividad. En ese sentido tienen razón Nelson y Winter (2002) y Dosi y Nelson (2010), cuando afirman que en estos contextos innovativos la teoría evolutiva tiene poco que decir. Sin embargo, su lógica de las formas de aprendizaje –tácitos–, específicos e idiosincráticos, sí aplica, y con la fuerza suficiente como para soportar la interpretación aquí expuesta.

Las evidencias sobre las firmas que innovan sin acudir a la I+D y que predominan en la IByC permiten entender, en síntesis, por qué existe y cabe esperar que persista la heterogeneidad en las habilidades innovadoras de dichas firmas; también por qué el rango

de esas habilidades para innovar –de innovatividad– es bastante acotado, como lo expresa el nivel apenas incremental que caracteriza a la inmensa mayoría de sus innovaciones. Permiten entender, entonces, por qué la heterogeneidad es profusa, persistente y acotada.

Los resultados del análisis de las prácticas que caracterizan las formas de innovar en la IByC muestran que solo el 21% de las *firmas innovan a través de la I+D*. De allí se colige que estas firmas, a diferencia de las demás, se han organizado para realizar sus actividades de innovación de manera más continua, formal y sistemática, que han desarrollado rutinas y, por consiguiente, mayores capacidades para innovar, y que a ello se debe su alta incidencia en el desempeño innovador de la IByC, y las brechas frente a las firmas que innovan de manera informal. Sin embargo, se concentran en el desarrollo y hacen muy poca o ninguna investigación –especialmente la básica– (Malaver y Vargas, 2011). Por ello, aunque formalmente estarían habilitadas para generar o acceder al conocimiento explícito, codificado y causal (Breschi et al., 2000; Dosi y Nelson, 2010), poco acuden a él según se infiere de los débiles vínculos con fuentes públicas de información y con actores del entorno científico y tecnológico. Por eso la brecha frente a las que innovan sin I+D es acotada. Sus vínculos son más fuertes y significativos con actores del mercado, a semejanza de lo que ocurre con las firmas que innovan sin I+D.

Esas evidencias sugieren, entonces, que en las firmas que innovan en la IByC a través de la I+D, los componentes tácitos e idiosincráticos del conocimiento derivado de la experiencia –del *know how*– también juegan un papel preponderante en la diferenciación de las habilidades innovativas y en el desempeño innovador de muchas de esas firmas, antes que el conocimiento objetivo derivado de los avances de la ciencia –del *know why*–. Esto constriñe un mayor desarrollo de sus capacidades para innovar y/o apalancarlas en el

entorno, e incide en los bajos contenidos de novedad de las innovaciones obtenidas y, en consecuencia, en el bajo margen dentro del cual fluctúa la heterogeneidad en la innovación. Como se vio, esto tiene fuertes implicaciones sobre los niveles de su heterogeneidad.

Ahora bien, la mirada a las características de esas formas de innovar –con y sin I+D–, que coexisten en las distintas industrias del sector manufacturero de ByC, configurando una acentuada heterogeneidad intraindustrial, aporta elementos para la explicación de por qué esa coexistencia es fuente de una alta heterogeneidad en sus capacidades y en sus desempeños innovadores y por qué cabe esperar que ésta sea persistente.

Los resultados exponen de bulto que el grueso de las firmas de la IByC innovan sin I+D y que su contribución a la heterogeneidad en la innovación es significativa pero, al mismo tiempo, muestran que la incidencia individual de la I+D es mucho mayor en el desempeño innovador conjunto, pues expresan y propician el desarrollo de las capacidades para innovar. Los resultados sugieren que esta heterogeneidad podría ser mayor si las firmas que hacen I+D efectuaran más investigación y por esta vía se apalancaran en mayor medida en su entorno científico y tecnológico, pues de esta manera aprovecharían una posibilidad a la que difícilmente podrían acceder las firmas que no han desarrollado las capacidades para acceder a dicho entorno. Por lo demás, los resultados permiten vislumbrar la persistencia de la heterogeneidad existente entre los dos grupos de firmas, debido a los costos y tiempos que demandaría a las firmas que no hacen I+D generar las condiciones organizacionales (infraestructuras tecnológicas, recursos humanos, cultura

organizacional, etc.) para hacerla; también, debido a los cambios requeridos en la orientación estratégica, en la visión y en la racionalidad requerida para asumirla³⁶.

Una mirada de conjunto a los hallazgos aportados por el análisis de las firmas que al interior de una industria innovan con y sin I+D, se adicionan a las características individuales específicas para explicar la alta heterogeneidad existente en el desempeño innovador de sus firmas. La evidencia sugiere que la heterogeneidad se presenta incluso entre las firmas que comparten el mismo modo de innovar y que esta es mayor entre las firmas que hacen I+D; aunque esta es inferior a sus potenciales diferencias debido a que hacen poca investigación y son muy débiles sus vínculos con el entorno científico y tecnológico. De ese modo aunque los niveles de heterogeneidad son mayores que los registrados en las firmas que innovan sin acudir a la I+D, también están acotados y limitan su desempeño innovador.

Esos resultados tienen *implicaciones* para una lectura desde una perspectiva teórica más general. El rasgo que caracteriza el escenario de la innovación en la IByC es que el conjunto de sus industrias no son *technology driven*, a diferencia de lo que ocurre en los países desarrollados en los que se originan la RBV y la teoría evolutiva (Nelson y Winter, 2002; Dosi y Nelson, 2010). Esto explica por qué incluso las firmas que innovan mediante la I+D están lejos de innovar con base en la investigación, por qué son tan escasas las innovaciones con patentes y apalancadas en el entorno científico y tecnológico, y por qué el rango en que varían las innovaciones es tan acotado. Sin embargo, el hecho de que las actividades de innovación se hagan de manera sistemática

³⁶ Esto supone creer que existe una única manera de innovar –con I+D–, y que eso aplica por igual a todas las industrias. Asunto muy discutible, pero que escapa a los objetivos y alcance de este estudio.

(OECD, 2005)³⁷, estimula el desarrollo de sus mayores capacidades para innovar³⁸. Esto explica por qué las firmas que innovan de este modo tienen un mayor impacto en el desempeño innovador, y por qué esos recursos y capacidades permiten prever la persistencia de la heterogeneidad frente a la innovatividad de las firmas que innovan sin I+D.

Lo que ocurre con las firmas que innovan sin I+D se aleja aún más del contexto innovador y analítico de las industrias *technology driven*. Ello ocurre, además, en un doble sentido: frente a la naturaleza del conocimiento generado y a las capacidades. En el primer caso, los aprendizajes en que se basan las actividades de innovación de estas firmas son producto de la experiencia, por ello tienen altos componentes tácitos e idiosincráticos (Nonaka y Takeuchi, 1994; Jensen et al., 2007; Dosi y Nelson, 2010)³⁹; por lo mismo, su innovatividad es difícil de imitar, aunque sí sus innovaciones. Esto se traduce en una profusa y persistente heterogeneidad. En el segundo caso, esas actividades de innovación son episódicas e informales, y al no ser sistemáticas o rutinarias no permite la configuración de rutinas y, por consiguiente, de capacidades para innovar, y de ello se resiente su innovatividad. Esto reduce aún más el margen de variación de los desempeños innovadores. De ese modo se explica la profusa, persistente y muy acotada heterogeneidad; además de la persistencia del bajo desempeño innovador.

³⁷ Esta sistematicidad en los procesos de innovación da lugar a acciones: repetitivas, reconocibles e interdependientes y realizadas por múltiples actores, esto es, los componentes que configuran una rutina. (Pentland, 2011)

³⁸ Esa mayor innovatividad proviene del hecho que el desarrollo de las rutinas para innovar eleva la frecuencia de las innovaciones y los grados de novedad obtenidas. (Becker y Zirpoli, 2009)

³⁹ Esto, de contera, contribuye a explicar más la poca significancia de la contribución de los recursos humanos calificados sobre el desempeño innovador. Si lo que más pesa en los aprendizajes que propician las formas en que se innova en las firmas, es la experiencia, se relativiza el papel del conocimiento formal y explícito del recurso humano calificado.

4.4. La interacción de los niveles micro y meso como fuente de heterogeneidad innovativa

Los análisis anteriores dieron luces sobre las fuentes individuales de heterogeneidad en cada nivel, pero asumen de manera tácita que el efecto de dichas fuentes sobre los cambios en los desempeños innovadores es transversal, es decir, permanece constante en las industrias analizadas. Para superar ese supuesto, aquí se incorpora el componente aleatorio en la incidencia de las variables individuales sobre el desempeño innovador, que permite establecer si esta cambia en las diferentes industrias, es decir, si pertenecer a una o a otra industria altera esa influencia⁴⁰. Esto significa, introducir al análisis la interacción entre los dos niveles, como una tercera fuente de heterogeneidad –aun no explorada en la literatura–.

La indagación efectuada confirma que, efectivamente, la interacción entre los dos niveles es una fuente importante de heterogeneidad. Esto se revela de manera nítida y elocuente cuando se incorpora al análisis el componente aleatorio asociado al nivel dos, que posibilita la técnica multinivel. Esto permitió evaluar el efecto que tienen en las distintas industrias analizadas las prácticas que definen las diferentes formas imperantes de innovar y tienen a la vez la mayor incidencia en el desempeño innovador, esto es, la I+D. Y los resultados muestran de manera fehaciente cambios dramáticos en el impacto de realizar o no esa actividad en las distintas industrias.

⁴⁰ Cabe resaltar que la incorporación del componente aleatorio conduce al análisis de las interacciones entre lo meso y lo micro y que la interpretación de sus resultados posibilita, a su vez, avanzar en la indagación por la complementariedad y consistencia entre los planteamientos evolutivos para los niveles meso y micro, y su capacidad para explicar de manera conjunta –desde los dos niveles– la heterogeneidad encontrada. Por su importancia, esa interacción se aborda de modo independiente en el apartado 4.4.

Lo más significativo de ese hallazgo no radica solo en que el efecto no es constante –fijo– en las industrias sino en la magnitud de las diferencias. Los análisis de las varianzas muestran, en efecto, que en las distintas industrias, las diferencias en el desempeño innovador entre las firmas que realizan y no realizan I+D es de aproximadamente seis veces; y el análisis de las covarianzas entre los dos efectos aleatorios asociados al nivel dos –del intercepto y de las pendientes de las variables, en este caso la I+D– confirma que en las industrias con una proporción más alta de firmas que tienen un alto desempeño innovador –frente al promedio del sector manufacturero–, tienen una mayor diferencia en el desempeño innovador entre las firmas que hacen I+D y las que no; y lo opuesto ocurre en las restantes industrias.

Ambos resultados se complementan para mostrar que el efecto de la I+D cambia de manera ostensible entre las distintas industrias. Cuando se replica el ejercicio para las otras actividades de innovación –adquisición de maquinaria y equipo, ingeniería y diseño– los resultados muestran una mayor heterogeneidad. En efecto, para el caso de ingeniería y diseño el patrón mostrado por la I+D se reproduce, aunque con menor intensidad y expresión en las distintas industrias. Esto significa que en este caso, la heterogeneidad que generan es mayor en las industrias más innovadoras. Por el contrario, el patrón mostrado por la incorporación de maquinaria y equipo es opuesto, es decir, la heterogeneidad que genera es mayor en las industrias menos innovadoras o, en otros términos, aquellas en donde el cambio técnico es más exógeno.

Por lo tanto, desconocer esa realidad significa soslayar una fuente fundamental de heterogeneidad, y generar sesgos de interpretación que se traducen en errores que impiden comprenderla. Este se debe a que asumir que la incidencia de las variables que dan

cuenta de las capacidades de innovar es fija en las distintas industrias está totalmente alejado de la realidad y, por el contrario, el contexto industrial importa mucho.

Esos resultados específicos también permiten escrutar los efectos e implicaciones de *la interacción* entre los dos niveles –micro y meso–:

La interacción meso – micro es una fuente relevante de heterogeneidad. La heterogeneidad interindustrial –nivel dos– afecta la intraindustrial –nivel uno–, pero no conduce a la homogenización, como se desprendería de una mirada centrada en lo meso (Dosi, 1982; Malerba y Orsenigo, 1996; Dosi y Nelson, 2010). Esto se debe, por ejemplo, a que no todas las firmas innovan con I+D, y las que lo hace tienen distintas estrategias (unas tratan de innovar; otras, de imitar) y tienen distinta eficiencia innovativa. Por lo tanto, antes que un *trade off* entre la innovación como un fenómeno originado al nivel industrial –meso– o al nivel de la firma –micro– (Leiponen y Drejer, 2007), los dos confluyen en su configuración. Su interacción constituye una tercera fuente de heterogeneidad.

Adicionalmente, los análisis de la interacción a un nivel más detallado, indica que si bien el entorno –la industria– importan, esa incidencia no conduce hacia la homogenización de la innovación al interior de las industrias. Al contrario hace parte de una fuente adicional de heterogeneidad. Por lo tanto, la explicación de esta heterogeneidad intraindustrial reclama de mayores desarrollos teóricos; aquí resultan pertinentes los planteamientos de Archibugi (2001), sobre la agrupación de las industrias, como punto partida.

A un nivel más general, una mirada de conjunto de los resultados expuestos y discutidos, permiten inferir, al nivel de conjetura, una contrastación entre lo que ocurre en la IByC y lo que se colige –de lo planteado al nivel general por la literatura evolutiva– que podría

ocurrir en los países desarrollados, y derivar de allí implicaciones para la teoría. Al nivel empírico, en los países desarrollados cabría esperar un rango de heterogeneidad mucho mayor que el existente en la IByC y en contextos similares. Se debe a que allí existe un núcleo *core* de firmas que son innovadoras sistemáticas (Dosi et al., 2010). En las industrias *technology driven* esas firmas son las responsables en la aplicación pionera y/o en el desarrollo de las nuevas tecnologías y, en consecuencia, aprovechan las potencialidades de los nuevos paradigmas tecnológicos y lideran la evolución de los regímenes tecnológicos en que los paradigmas se despliegan (Freeman y Pérez, 1988; Pérez, 2001; Dosi y Nelson, 2010; Dosi et al., 2010; Breschi et al., 2000). En consecuencia, estas firmas hacen innovaciones disruptivas o en todo caso con alto grado de novedad. La distancia de este núcleo innovador frente a las firmas imitadoras con las que coexisten en sus respectivas industrias –en sus recursos, capacidades y desempeños innovadores–, será sin duda mucho mayor que la existente en contextos de bajo desarrollo tecnológico, como la IByC. Por lo tanto, en principio, en esos contextos industriales *technology driven* –donde se enfoca la teoría evolutiva– cabría esperar un rango de heterogeneidad mucho más alto que en contextos como el de la IByC.

Pero esto es solo parcialmente cierto, pues solo aplica a las industrias cuya dinámica se enmarca en el régimen tecnológico Mark II. En este predomina un pequeño núcleo de firmas que han acumulado capacidades tecnológicas e innovativas, gozan de una alta apropiabilidad, y son las que lideran el cambio tecnológico del régimen (Nelson y Winter, 1982 y 2002; Nelson, 1991; Malerba y Orsenigo, 1996; Breschi et al., 2000; Nelson, 2008; Dosi y Nelson, 2010). Esta formulación teórica –meso– de los regímenes tecnológicos se articula, de manera consistente, con la lógica de los recursos y de las capacidades planteadas por la teoría evolutiva al nivel –micro– de la firma. En este caso

la explicación micro, sobre la acumulación específica de recursos y capacidades que diferencian a las firmas y a sus desempeños innovadores, es reforzada por las características meso –las bajas oportunidad e imitabilidad para los entrantes, que sustenta la elevada apropiabilidad de los incumbentes–, para explicar la persistencia de la heterogeneidad al interior de las industrias.

Finalmente, si bien el objeto del trabajo aquí expuesto es la heterogeneidad innovativa, su realización permitió constatar que avanzar en su comprensión es una tarea que depende, en mucho, de la capacidad de las teorías que, como la teoría evolutiva, proveen un marco analítico para abordarla. En ese contexto, del estudio emergen dos ***implicaciones para la teoría:***

Una se desprende directamente de la aplicación de las nociones básicas de la teoría evolutiva para el análisis del nivel meso –los regímenes tecnológicos– y del micro –rutinas y capacidades–, para una comprensión cabal de las fuentes de la heterogeneidad innovativa en contextos de bajo desarrollo tecnológico, como el de la IByC. Allí se ponen de manifiesto limitaciones importantes de la teoría evolutiva para la explicación conjunta de la heterogeneidad. Al nivel meso, esto obedece a que su interés está concentrado en las industrias *technology driven*, como lo han reiterado sus autores seminales (Nelson y Winter, 2002; Dosi y Nelson, 2010). Ellas son típicas de los países desarrollados. Por el contrario, en la IByC la dinámica de la innovación no es el motor del cambio y la competencia al interior de las industrias. Debido a esto, la lejanía –por las mediaciones existentes– frente a los núcleos responsables de la dinámica del cambio técnico diluye la fuerza de los regímenes tecnológicos y de las variaciones –trayectorias tecnológicas y

dinámicas de la competencia– consustanciales a su evolución. (Pérez, 2001; Breschi et al., 2000)

Al nivel micro, las limitaciones se derivan tanto del hecho que las industrias no son *technology driven* como del peso tan preponderante de la innovación que se hace sin I+D. Esto produce un doble vacío para la teoría evolutiva: (i) el que se deriva del hecho que los aprendizajes son producto de la experiencia, producen un conocimiento –tipo *know how*– basado en componentes tácitos e idiosincráticos y, debido a ello, ese conocimiento es de naturaleza distinta del obtenido bajo la lógica de los avances de la ciencia y la tecnología (Dosi y Nelson, 2010; Nonaka y Takeuchi, 1994); (ii) el que se desprende del hecho que esas actividades de innovación –sin I+D–, son de naturaleza episódica e informal, no son sistemáticas o rutinarias y, por ende, es poco el desarrollo de las capacidades para innovar que generan. De ello deriva, como se ha señalado arriba, una profusa, persistente y acotada heterogeneidad. A esta heterogeneidad le es consustancial una baja innovatividad, un bajo *catch up* y, por consiguiente, una elevada y urgente necesidad de avances teóricos que permitan comprenderla.

El problema de la carencia de nociones aplicables a esta realidad micro es que la informalidad predominante en contextos similares a los de la IByC, pero también tiene una presencia importante en los países desarrollados, como lo han corroborado los estudios sobre los modos de innovar mencionados. Allí la lógica de los aprendizajes derivados de la experiencia, plagados de conocimientos tácitos y específicos – idiosincráticos–, es útil y promisorio para interpretar la heterogeneidad, como se ilustra en este trabajo. No sucede lo mismo con el análisis de las habilidades para innovar que son consustanciales a la informalidad de esa innovación. Allí no aplican las nociones de

rutinas y capacidades, requiriéndose, por lo tanto, del desarrollo de nociones equivalentes, para entender esas realidades innovativas.

Otra implicación para la teoría evolutiva apunta a una fractura interna que surge del intento de articular sus planteamientos micro y meso, como requisito para poder analizar de manera conjunta la heterogeneidad. Esta inconsistencia se revela en el caso de las industrias que, siendo *technology driven*, se enmarcan en la lógica del régimen tecnológico Mark I, esto es, aquellas en donde las firmas entrantes impulsan el avance tecnológico dentro del régimen y, por consiguiente, dentro de la industria, pues allí es difícil la articulación entre las explicaciones meso y micro de la teoría evolutiva. En dicho régimen, las altas oportunidades, junto con las bajas acumulatividad y apropiabilidad, son propicias para el acceso de entrantes exitosos que lideran el cambio técnico. Su ingreso genera una alta heterogeneidad que aumenta por las reconfiguraciones industriales derivadas de su éxito (Nelson y Winter, 2002; Dosi y Nelson, 2000). Pero sobre este proceso tiene muy poco o nada que decir la explicación evolutiva al nivel micro. En particular, cuando los entrantes son emprendedores sin o con poca acumulación de recursos y capacidades específicos, que son la fuente de la heterogeneidad innovativa desde la perspectiva evolutiva. Allí tienen más que decir la perspectiva del emprendimiento –schumpetereano– (Teece, 2016) y la literatura que aborda la problemática asociada hacia el tránsito de emprendimientos a firmas consolidadas. (Zahra, 2006)

En consecuencia, la indagación por la interacción meso – micro en la explicación de la heterogeneidad aporta evidencia empírica de que la teoría evolutiva es como mínimo incompleta, incluso para explicar las dinámicas, características y persistencia de dicha

heterogeneidad de las industrias *technology driven* en los países desarrollados. Las lógicas meso y micro se articulan y refuerzan para explicar ese fenómeno en las industrias que se mueven bajo la lógica del régimen Mark II, impulsadas por un núcleo *core* de firmas innovadoras sistemáticas, que impulsan el avance tecnológico y la dinámica de la innovación y la competencia. Las otras firmas, innovadoras e imitadoras, con las que coexisten en dichas industrias completan el cuadro de la heterogeneidad. Sin embargo, en el caso del régimen tecnológico Mark I, la explicación micro de la teoría evolutiva no puede dar cuenta de la fuerza que lo impulsa, esto es, los entrantes–emprendedores, a partir de los recursos y capacidades. Este vacío es protuberante para una teoría centrada en la innovación, con una perspectiva sistémica. Este es, además, difícil de llenar con su noción central de capacidades organizacionales, que no aplica a los emprendimientos.

El problema es más complejo si se piensa en la dinámica de los emprendimientos exitosos que se desarrollan y consolidan, convirtiéndose en firmas con capacidades organizacionales desarrolladas. En ese tránsito sus procesos de innovación tenderán a formalizarse, esto es, a rutinizarse, con un subsecuente aumento de sus habilidades para innovar (Becker y Zirpoli, 2009). De este modo su manera de innovar, típica del Mark I en sus inicios, transitará hacia el Mark II. Y esto acontecerá, en distinto grado, con el conjunto de emprendimientos exitosos, traduciéndose en la coexistencia al interior de un régimen (Mark I) de firmas entrantes con firmas incumbentes, típicas de los dos regímenes (Mark I y Mark II). Esta heterogeneidad requiere, por lo tanto, ser asumida y explicada para dar cuenta cabal de la dinámica de dicho régimen. Pero también, la dinámica innovadora subsecuente de los emprendimientos convertidos en firmas innovadoras. Porque si estas, forzadas por la dinámica de la competencia generada por los nuevos entrantes, tienen que continuar haciendo innovaciones disruptivas, de ello

también debería dar cuenta la teoría evolutiva. Esto demandará avanzar en su noción de capacidades dinámicas (Zollo y Winter, 2002; Winter, 2003) o incorporar la noción de los intraemprendimientos (Teece, 2016)⁴¹, y articular esos desarrollos con la caracterización del régimen –asunto que escapa a los alcances de este trabajo–. De otro modo, persistirá la fractura teórica meso - micro, y las dificultades subsecuentes para explicar la heterogeneidad al interior del régimen Mark I.

⁴¹ Dicha articulación no parece fácil, pues allí hay un debate aún latente, entre dos visiones de las capacidades dinámicas, que lideran por un lado Winter (2003, 2011) y por otro Teece (2009, 2016). Asunto, que por su puesto desborda los objetivos y alcances de este trabajo.

Conclusiones

El propósito de esta Tesis fue comprender la heterogeneidad innovativa en un contexto de bajo desarrollo tecnológico, como el de la Industria de Bogotá y Cundinamarca –IByC–. Para ello se profundizó en la identificación de las fuentes específicas –meso, micro y su interacción– de heterogeneidad y en su incidencia en las variaciones en el desempeño innovador de las firmas; se utilizó la teoría evolutiva y se evaluó su capacidad para dar cuenta de este fenómeno en un contexto distinto que ha servido de base para su desarrollo.

Los resultados de la investigación permiten concluir que en la problemática de la heterogeneidad estamos en presencia de un *hecho estilizado*: la heterogeneidad es un fenómeno originado más en las firmas que en las industrias en que estas operan, y esto tiene alta incidencia en las variaciones en el desempeño innovador. Debido a que esta realidad contradice los planteamientos en la literatura evolutiva inspirada en los regímenes tecnológicos, resultan insoslayables los desarrollos teóricos que superen esta brecha entre teoría y realidad.

Mientras en los países desarrollados, el fenómeno aquí estudiado se denomina en términos generales como heterogeneidad (Leiponen y Drejer, 2007; Srhrolec y Verspagen, 2012; Clausen, 2013), la evidencia colectada permite afirmar que en un contexto de bajo desarrollo tecnológico –como la IByC–, *la heterogeneidad es acotada*. Los análisis efectuados permiten concluir que en tal contexto, esto está asociado a que la innovatividad está limitada, por un lado, por la informalidad que predomina en los procesos de innovación y que limita el desarrollo de las capacidades de innovación y, por otro, debido a los techos que tienen esas capacidades y que se expresan en los bajos

niveles de originalidad –pocas patentes– y alcance –internacional– de las innovaciones obtenidas.

Esos resultados encierran una paradoja: en este contexto, donde predomina la informalidad –se innova sin I+D– *la heterogeneidad es profusa*, pues los conocimientos acumulados son tácitos e idiosincráticos –son producto de la experiencia– y, por ello, son específicos a la firma y difíciles de imitar. Pero esa manera de innovar limita el desarrollo de las habilidades para innovar –la innovatividad– y esto se traduce en un rango muy estrecho de variación en el que fluctúan las innovaciones, esto es, son innovaciones incrementales, con bajo grado de novedad. También encierran una ironía. Si bien en esos contextos la innovación a través de la I+D es poco común –es adelantada por menos del 15% de las firmas–, es la mayor fuente de heterogeneidad innovativa, lo cual se expresa en ser la variable con mayor incidencia en las variaciones en la innovación. Ello confirma que cuando la innovación se convierte en una práctica recurrente –una rutina– es mayor el desarrollo de las capacidades para innovar –la innovatividad– de las firmas. Esto se traduce en incrementos de la frecuencia y grado de novedad de las innovaciones obtenidas (Becker, 2009; Feldman et al., 2016) y, también del nivel de heterogeneidad, como lo ilustran las evidencias analizadas en este trabajo. Pero en el techo (de la I+D) proveniente de la poca investigación, originalidad y alcances de la patente, también limitan el rango en el que fluctúan las innovaciones.

Otra característica fundamental de la heterogeneidad, de origen intraindustrial, es que aumenta cuando crece la innovatividad. Este rasgo es además, común, para la doble dimensión de la heterogeneidad intraindustrial: la que proviene de las distintas formas de innovar, esto es, con y sin I+D, y la que se configura por las diferencias en la

innovatividad entre las firmas que operan al interior de cada una de dichas formas de innovar. Esto se traduce en brechas –heterogeneidad– crecientes entre las firmas más innovadoras de los dos modos de innovar –con y sin I+D–; así, las diferencias entre el núcleo de firmas más innovativas de los dos modos de innovar son mayores que entre las firmas menos innovativas de los dos. En el mismo sentido, a medida que crece la innovatividad dentro de un modo de innovar, las brechas –heterogeneidad– entre sus firmas también es mayor.

Lo anterior permite concluir que una heterogeneidad más profusa –como la que predomina en los contextos de bajo desarrollo tecnológico– no significa mayores grados de heterogeneidad –como la que se origina allí donde se generan condiciones para que se desate la innovación–. Por esa razón, cabe esperar que en contextos *technology driven* donde un núcleo *core* de firmas innovadoras impulsa la competencia y los avances tecnológicos, muchas veces mediante innovaciones disruptivas, la heterogeneidad –intraindustrial– será mucho mayor que en los contextos de bajo desarrollo tecnológico.

Las evidencias aportadas por los análisis multinivel permiten concluir que la interacción meso - micro no solo constituye una fuente clave de heterogeneidad sino que actúa de manera diferenciada en las distintas industrias y a través de las principales fuentes específicas –como I+D, ingeniería, diseño– de heterogeneidad, sino que además da luces sobre los mecanismos a través de los cuales se produce ese fenómeno y su impacto sobre la dinámica de la innovación, medida por los desempeños innovadores. La heterogeneidad debida a la I+D es mayor en las industrias donde esta actividad es más intensa y la innovatividad de sus firmas es mayor, es decir, donde el cambio tecnológico es más endógeno y la dinámica de la innovación es mayor. Con menor intensidad –y

cambios en las industrias– ese patrón se reproduce para actividades de innovación – ingeniería y diseño– que dan cuenta de una innovación más informal. En abierto contraste, la incorporación de maquinaria y equipo tiene un patrón inverso al de las anteriores actividades de innovación, pues su incidencia en la heterogeneidad es mayor en las industrias menos dinámicas, en las que predomina el cambio tecnológico exógeno, incorporado en la maquinaria y equipo importado, y es menor en las industrias donde es mayor el desempeño innovador. Estas lógicas y dinámicas, y la heterogeneidad a que dan lugar, son claves para entender y evaluar los patrones de especialización productiva en América Latina.

Por lo tanto, para alcanzar una visión comprensiva de la heterogeneidad innovativa no basta considerar los niveles meso y micro como dos fuentes complementarias de esta – como es común en los estudios multinivel de la heterogeneidad–, pues su interacción también constituye una fuente primordial de heterogeneidad. Esta opera a través de las fuentes específicas de heterogeneidad con distinta intensidad, lógicas y patrones –incluso opuestos– entre las distintas industrias. Aquí, tal vez, se encuentra el mayor avance de la Tesis frente a la literatura que estudia de manera conjunta las fuentes meso y micro de heterogeneidad en la innovación.

Una conclusión general sobre la heterogeneidad de la innovación en un contexto de bajo desarrollo tecnológico, como la IByC, es que esta es profusa, creciente y acotada. Y que sigue un patrón creciente en industrias donde la innovación es más endógena –mediante actividades como la I+D, la ingeniería o el diseño–, y es opuesto en industrias donde el cambio técnico es más exógeno –incorporado en la maquinaria y equipo adquirido–. Ahora bien, en cuanto a la utilidad de las perspectivas teórica asumidas para entender la

heterogeneidad, esta investigación permite concluir que en las condiciones actuales, la contribución del nivel meso a la comprensión de la heterogeneidad en la IByC y en América Latina es poca. Esto debido a su baja contribución a los cambios globales del desempeño innovador; a la poca aplicabilidad de la noción de régimen tecnológico a un contexto donde las industrias no son *technology driven*; a que al aplicar la taxonomía de Pavitt (1984) se elimina o sustituye la categoría de industrias basadas en la ciencia (Pietrobelli y Rabellotti, 2008; Cepal, 2007), y ello dificulta la comparabilidad y el diálogo académico con las nociones evolutivas. Por el lado de la demanda, el estudio confirma –al aplicar la noción “régimen de la demanda”– que esta constituye una clara fuente de heterogeneidad de carácter industrial –meso–. Entonces, no es solo un mecanismo de selección, como se le asume desde la lógica de los regímenes, y tiene lógicas y dinámicas diferentes a las de carácter tecnológico. Ello comprueba que *la heterogeneidad es un fenómeno multinivel y multidimensional*. Por lo tanto, hay mucho por conocer sobre la articulación de las lógicas de oferta y demanda para entender las estrategias de innovación de las firmas, y esto ayudaría a explicar la heterogeneidad existente.

En cuanto a la contribución micro a la heterogeneidad, fue útil la articulación e interdependencia de las nociones de recursos y capacidades para entender el papel de los primeros; para la comprensión de los procesos de innovación basados en la I+D fueron muy útiles los conceptos de rutinas y de capacidades; y para cuando dichos procesos se caracterizan por la informalidad, fueron útiles las nociones sobre los conocimientos tácitos e idiosincráticos. Pero, dado el predominio de esta última manera de innovar, la profundidad de esa comprensión se resiente de la falta de equivalentes analíticos de las rutinas y capacidades.

En síntesis, un *hallazgo emergente del estudio*, permite concluir que en el estado actual del conocimiento y el nivel de desarrollo tecnológico de contextos similares a la IByC no se pueden aplicar, en rigor, las nociones centrales de la teoría evolutiva, esto es, los regímenes tecnológicos y las rutinas y capacidades. Esto se debe a que: al nivel meso, las industrias no son *technology driven*, y en consecuencia su realidad no puede ser captada por los regímenes tecnológicos, y al nivel micro, por la informalidad reinante en los procesos de innovación (Malaver y Vargas, 2004; Cepal, 2007; Pietrobelli y Rabellotti, 2008; Dini et al., 2014) no aplican a cabalidad los conceptos de rutinas y capacidades. Por lo tanto, si la teoría evolutiva quiere cumplir su promesa de convertirse en una teoría útil de la innovación (Nelson y Winter, 1977), debería desarrollarse de modo que pueda ser aplicable –extendida– a contextos de bajo desarrollo tecnológico. Si ello no acontece, fenómenos como el de la heterogeneidad, aquí estudiada, no podrán explicarse acudiendo a sus planteamientos teóricos. Avanzar en esa dirección implicaría desarrollar conceptos sucedáneos –de los regímenes, rutinas y capacidades– que permitan explicar las características y dinámica de la innovación en esos contextos, y hacerlo de modo que se facilite la articulación de los niveles meso y micro. Allí parece promisorio la articulación –integración– de la teoría evolutiva con la literatura sobre los modos de innovar. Este diálogo se vislumbra posible y productivo, al menos para captar mejor la realidad de la innovación en contextos como el de América Latina. Esto se debe a que, por ejemplo, el modo de innovar STI, es compatible con las industrias *science and technology driven* y, en consecuencia, con la lógica de los análisis de los regímenes tecnológicos Mark I y II; y el modo de innovar DUI, con la informalidad de los procesos de innovación de la gran mayoría de las firmas industriales latinoamericanas.

El desafío no es solo comprender el modo de innovar DUI sino hacerlo de forma tal que permita promover mayores niveles de novedad. Así lo indica la evidencia en los países de alto y medio desarrollo, que muestra que la innovatividad es mayor en el modo STI que en el DUI (Jensen et al., 2007; Parrilli y Elola, 2012), y como se infiere de los resultados de esta Tesis para el caso de las firmas que innovan sin I+D. En esa dirección resultan útiles propuestas como la de Verganti (2009) sobre el *design driven innovation* como un modelo *design push* que genera innovaciones radicales basadas en el diseño. Actividad que está llamada a jugar un papel más estratégico que el que ha jugado en contextos como el de la IByC (Malaver y Vargas, 2012), entre otras razones, por la elevada participación dentro de la estructura industrial –aquí mostrada– de las industrias dominadas por el proveedor, y el espacio que en ellas queda para innovar en los productos finales (Pietrobelli y Rabellotti, 2008); también, por el alto peso que tienen las industrias tradicionales –cuero, calzado, confecciones, muebles, productos plásticos, artes gráficas, etc.– donde el diseño puede ser una fuente importante de innovación.

Bibliografía

- Adner, R. and Levinthal, D. (2001). Demand heterogeneity and technology evolution: implications for product and process innovation. *Management Science*, 47 (5), 611-628.
- Adner, R., Ruiz, F. and Zemsky, P. (2016). Specialist versus generalist positioning: demand heterogeneity, technology scalability and endogenous market segmentation. *Strategy Science*, 1 (3), 184-206.
- Aiello, F. and Ricotta, F. (2015). Firm heterogeneity in productivity across Europe: Evidence from multilevel models. *Economics of Innovation and New Technology*, 25 (1), 57-89, <http://dx.doi.org/10.1080/10438599.2015.1057001>.
- Aldrich, H. (1999). *Organizations Evolving*. Thousand Oaks: Sage.
- Archibugi, D. (2001). Pavitt's taxonomy sixteen years on: A review article. *Economics of Innovation and New Technology*, 10, 415-425.
- Arocena, R. y Sutz J. (2003). *Subdesarrollo e innovación. Navegando contra el viento*. Madrid: Cambridge University Press – OEI.
- Arundel, A., Bordoy, C. and Kanerva, M. (2008). *Neglected innovators: how do innovative firms that do not perform R&D innovate?* Inno-Metrics thematic paper, Merit, March.
- Barney, J. (2001). Is the resources-based “view” a useful perspective for strategic management research? *Academy of Management Review*, 26 (1), 41-56.
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17 (1), 99-120.
- Barney, J.B. and Mackey, A. (2016). Text and metatext in the resource-based view. *Human Resource Management Journal*, 26 (4), 369-378.
- Becker, M. (2005). The concept of routines: some clarifications. *Cambridge Journal of Economics*, 29, 249-262.
- Becker, M. and Zirpoli, F. (2008). Applying organizational routines in analyzing the behavior of organizations. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 66, 128-148.
- Becker, M. and Zirpoli, F. (2009). Innovation routines: exploring the role of procedures and stable behaviour patterns in innovation. In Becker, M. and Lazaric, N. (Eds).

- Organization routines advancing empirical research* (pp. 223-247). UK: Edward Elgar Publishing.
- Bottazzi, G., Cefis, E. and Dosi, G. (2002). Corporate growth and industrial structure. Some evidence from the Italian manufacturing industry. *Industrial and Corporate Change*, 11, 705-723.
- Bou, J.C. and Satorra, A. (2007). The persistence of abnormal returns at industry and firm levels: Evidence from Spain. *Strategic Management Journal*, 28, 707-722.
- Bourdieu, P. (1990). *The logic of practice*. Palo Alto, CA.: Stanford University Press.
- Breschi, S., Malerba, F. and Orsenigo, L. (2000). Technological regimes and Schumpeterian patterns of innovation. *The Economic Journal*, 110 (April), 388-410.
- Brundenius, C., Lundvall, B. A. and Sutz, J. (2008). *Developmental university systems: empirical, analytical and normative perspectives*. IV Globelics Conference, Mexico, September 22-24.
- Calderón, G., Álvarez, C.M. y Naranjo, J.C. (2009). Orientación estratégica y recursos competitivos: un estudio en grandes empresas industriales de Colombia. *Cuadernos de Administración*, 22 (38), 49-72.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2017). *Balance de la economía de la Región Bogotá–Cundinamarca en 2016*. Bogotá, Cámara de Comercio de Bogotá
- Cameron, C. and Trivedi, P. (2005). *Microeconometrics methods and applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Capone, G., Malerba, F. and Orsenigo, L. (2013). Are switching costs always effective in creating first-mover advantage? The moderating role of demand and technological regimes. *Long Range Planning*, 46, 348-368.
- Castellacci, F. (2008). Technological paradigms, regimes and trajectories: manufacturing and services industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation. *Research Policy*, 37, 978-994.
- Castellacci, F. and Zheng, J. (2010). Technological regimes, Schumpeterian patterns of innovation and firm-level productivity growth. *Industrial and Corporate Change*, 19 (6), 1829-1865.

- Caves, R. and Porter, M. (1977). From entry barriers to mobility barriers. *Quarterly Journal of Economics*, 91, 421-434.
- Cepal (2007). *Progreso técnico y cambio estructural en América Latina*. Santiago de Chile: Cepal, IDRC, CDRI, ONU.
- Chen, J., Chen, Y. and Vanhaverbeke, W. (2011). The influence of scope, depth, and orientation of external technology sources on the innovative performance of Chinese firms. *Technovation*, 31 (8), 362-373.
- Clausen, T. (2013). Firm heterogeneity within industries: how import is ‘industry’ to innovation? *Technology Analysis & Strategic Management*, 25 (5), 527-542.
- Davidson, R. and MacKinnon, J. (2004). *Econometric Theory and Methods*. Oxford University Press, New York.
- Dess, G., Ireland, R.D. and Hitt, M. (1990). Industry effects and strategic management research. *Journal of Management*, 16 (1), 7-27.
- Dierickx, I. and Cool, K. (1989). Asset stock accumulation and sustainability of competitive advantage. *Management Science*, 35 (12), 1504-1511.
- Dini, M. y Stumpo, G. (comp.) (2011). *Políticas para la innovación en las pequeñas y medianas empresas en América Latina*. Santiago de Chile: Cepal.
- Dini, M., Roviera, S. and Stumpo, G. (2014). Una introducción a las políticas de innovación para las pymes, en Dini, M., Roviera, S. and Stumpo, G. *Una promesa y un suspirar: políticas de innovación para pymes en América Latina*. Santiago de Chile: Cepal.
- Dosi, G., Marsili, O., Orsenigo, L. and Salvatore, R. (1995). Learning, market selection and evolution of industrial structures. *Small Business Economics*, 7, 411-436.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: as suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy* 11 (3), 147-162.
- Dosi, G., Faillo, M. and Marengo, L. (2008). Organizational capabilities patterns of knowledge accumulation and governance structure in business firms, an introduction. *Organization Studies*, 29, 1165-1185.

- Dosi, G. and Nelson, R. (2010). Technological change and industrial dynamics as evolutionary processes. In B.H. Hall and N. Rosenberg (eds), *Handbook of Economics of Innovation*. North Holland: Amsterdam (forthcoming).
- Dosi, G., Lechevalier, S. and Secchiy, A. (2010). Introduction: Interfirm heterogeneity nature, sources and consequences for industrial dynamics. *Industrial and Corporate Change*, 19 (6), 1867-1890.
- Dranove, D. Peteraf, M. and Shanley, M. (1998). Do strategic groups exist? An economic framework for analysis. *Strategic Management Journal*, 19, 1029-1044.
- Durán, X., Ibáñez, R., Salazar, M. y Vargas, M. (2000). *La innovación tecnológica en Colombia: características por sector industrial y región geográfica*. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT), Colciencias y DNP.
- Durán, X., Ibáñez, R., Salazar, M. y Vargas, M. (1998). *La innovación tecnológica en Colombia: características por tamaño y tipo de empresa*. Bogotá: Colciencias y Departamento Nacional de Planeación.
- Edquist, C. (2005). Systems of Innovation: Perspectives and challenges. In Fagerberg, J., Mowery, D., Nelson, R. *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Fagerberg, J., Mowery, D. and Nightingale, P. (2012). Introduction: the heterogeneity of innovation –evidence from the Community Innovation Surveys. *Industrial and Corporate Change*, 21 (5), 1175-1180.
- Feldman, M., Pentland, B., D'Adderio, L. and Lazaric, N. (2016). Beyond Routines as things: introduction to the special issue on routine dynamics. *Organization Science*, 27 (3), 505-513. <http://dx.doi.org/10.1287/orsc.2016.1070>.
- Feldman, M and Pentland, B. (2003). Reconceptualizing organizational routines as a source of flexibility and change. *Administrative Science Quarterly*, 48, 94-118.
- Ferraz, J.C, Kupfer, D. Haguenuer, L. (1996). El desafío competitivo para la industria brasileña. *Revista de la Cepal*, 58,145-173

- Freeman, Ch. and Pérez, C. (1988). Structural crises of adjustment: business cycles and investment behaviour. In G. Dosi, R. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, L. Soete. *Technical change and theory*. London: Pinter Publishing.
- Frenz, M. and Lambert, R. (2011). *Mixed modes of innovation. An empiric approach to capturing firms' innovation behaviour*. STI working paper 212/6. OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2012/06.
- Giddens, A. (1984). *The constitution of society*. Berkeley: University of California Press.
- Greene, W. (2007). *Econometric Analysis*. Prentice Hall, New York.
- Hannan, M. and Freeman, J. (1977). The population ecology of organizations. *American Journal of Sociology*, 82 (5), 929-964. <http://www.jstor.org/stable/10.2307/2777807>.
- Hannan, M. and Carroll, G. (1995). *Organizations in industry: strategy, structure and selection*. New York: Oxford University Press.
- Hawawini, G., Subramanian, V. and Verdin, P. (2003). Is performance driven by industry or firm-specific factors? A new look at the evidence. *Strategic Management Journal*, 24, 1-16.
- Helfat, C. (2007). Stylized facts, empirical research and theory development in management. *Strategic Organization*, 5 (2), 185-192.
- Helfat, C. and Winter, S.G. (2011). Untangling dynamic and operational capabilities: strategy for the (n)everchanging world. *Strategic Management Journal*, 32 (11), 1243-1250.
- Helfat, C. and Peteraf, M.A. (2003). The dynamic resource-based view: Capability lifecycles. *Strategic Management Journal*, 24, 997-1010.
- Hitt, M., Beamish, P., Jackson, S. and Mathieu, J. (2007). Building theoretical and empirical bridges across levels: multilevel research in management. *Academy of Management Journal*, 50 (6), 1385-1399.
- Hodgson, G. and Lamberg, J-A. (2015). *The past and future of evolutionary economics: some reflections based on new bibliometric evidence*. Working paper, October.
- Hoopes, D. and Madsen, T. (2008). A capability-based view of competitive heterogeneity. *Industrial and Corporate Change*, 17 (3), 393-426.

- Hoopes, D., Madsen, T. and Walker, G. (2003). Guest editors' introduction to the special issue: Why is there a resource-based view? Toward a theory of competitive heterogeneity. *Strategic Management Journal*, 24, 889-902.
- Hox, J. (2002). *Multilevel analysis: techniques and applications*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jaramillo, H., Lugones, G. y Salazar, M. (2000). *Manual para la normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe, Manual de Bogotá*, OEA/RICYT, Bogotá: Tres Culturas Editores Ltda.
- Jensen, M., Johnson, B., Lorenz E. and Lundvall, A. (2007). Forms of knowledge and modes of innovation. *Research Policy*, 36, 680-693.
- Karniouchina, E., Carson, S., Short, J. and Ketchen, D. (2013). Extending the firm vs. industry debate: does industry life cycle stage matter? *Strategic Management Journal*, 34, 1010-1018.
- Katz, J. y Stumpo, G. (2001). "Regímenes competitivos sectoriales, productividad y competitividad internacional" en *Seminario Camino a la Competitividad: el nivel meso y microeconómico*, Santiago de Chile, marzo 15.
- Kuhn, T. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: Universidad de Chicago.
- Lazarick, N. (2011). Organizational routines and cognition: An introduction to empirical and analytical contributions. *Journal of Institutional Economics*, 7 (2), 147-156.
- Leckie, G. (2010). *Module 9: single-level and multilevel models for ordinal responses concepts*. Centre for multilevel modelling.
- Leiponen, A. and Drejer, I. (2007). What exactly are technological regimes? Intra-industry heterogeneity in the organization of innovation activities. *Research Policy*, 36, 1221-1238.
- Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidity: A paradox in managing new product development. *Strategic Management Journal*, 13 (5), 111-26.
- Malaver, F., Vargas, M. y Mendez, A. (2014). *Set core de indicadores de innovación para ByC en un contexto OECD*. Informe de Consultoría: Indicadores de Innovación para Bogotá y Cundinamarca –ByC– Bogotá: Cámara de Comercio.

- Malaver, F. y Vargas, M. (2013). Formas de innovar y sus implicaciones de política: lecciones de una experiencia. *Cuadernos de Economía*, 32 (60), 499-532.
- Malaver, F. y Vargas, M. (2012). Luces y sombras del vínculo el diseño y la innovación industrial. *Revista Innovar*, 22 (46), 149-164.
- Malaver, F. y Vargas, M. (2011). *Formas de innovar, desempeño innovador y competitividad industrial. Un estudio a partir de la Segunda Encuesta de Innovación en la industria de Bogotá y Cundinamarca*. Editorial Javeriana, Pontificia Universidad Javeriana y CCB. Bogotá: Javegraf, p. 223.
- Malaver, F. y Vargas, M. (2006). *Capacidades tecnológicas, innovación y competitividad de la industria de Bogotá y Cundinamarca: resultados de una encuesta de innovación*. Bogotá: CCB, OCyT, Agenda Regional de Ciencia y Tecnología y Consejo Regional de Competitividad.
- Malaver, F. y Vargas, M. (2004). Los procesos de innovación en América Latina: aportes para su caracterización. *Academia*, 33, 5-33.
- Malerba, F. (2004). Sectoral systems innovation. Basic concepts, en Malerba, F. (Ed.). *Sectoral systems of innovation: concepts, issues and analysis of six major sectors in Europe*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Malerba, F. and Mani, S. (2009). *Sectoral systems of innovation and production in developing countries: actors, structure and evolution*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Malerba, F. and Orsenigo, L. (1996). Schumpeterian patterns of innovation are technology specific. *Research Policy*, 25 (3), 451-478.
- Malerba, F. and Orsenigo, L. (1993). Technological firms and firm behaviour. *Industrial and Corporate Change*, 1 (2), 47-71.
- March, J.G. (1991). Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science*, 2, 71-87.
- Marsili, O. and Verspagen, B. (2002). Technology and the dynamics of industrial structures: an empirical mapping of Dutch manufacturing. *Industrial and Corporate Change*, 11 (4), 791-815.

- McGahan, A. and Porter, M. (1997). How much does industry matter, really? *Strategic Management Journal*, 18 (Jul), 15-30.
- Mortimore, M. y Peres, W. (2001). “La competitividad internacional de América Latina y el Caribe: la dimensión empresarial y sectorial” en *Seminario Camino a la Competitividad: el nivel meso y microeconómico*, Santiago de Chile, marzo 15.
- Nelson, R. (2008). Why do firms differ and how does it matter? A Revisitation. *Seoul Journal of Economics*, 21 (4), Winter, 607-619
- Nelson, R. (1995). Recent evolutionary theorizing about economic change. *Journal of Economic Literature*, 33 (1), 48-90.
- Nelson, R. (1991). Why do firms differ and how does it matter? *Strategic Management Journal*, 12, Winter, 61-74.
- Nelson, R. y Sampat, B. (2001). Las instituciones como factor que regula el desempeño económico. *Revista de Economía Institucional*, 3 (5), 17-51.
- Nelson, R. and Winter, S. (2002). Evolutionary theorizing in economics. *Journal of Economic Perspective*, 16 (2), 23-46.
- Nelson, R. and Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge: Harvard University Press.
- Nelson, R. and Winter, S. (1977). In search of useful theory of innovation. *Research Policy*, 6 (1), 36-76.
- Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1994). *La organización creadora de conocimiento*. México DF: Oxford University Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD (2015). *Guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development-Frascati Manual*. París: OECD.
- Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD (2010). *The OECD innovation strategy*. París: OECD.
- Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD (2005). *Proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data-Oslo manual*. París: OECD.

- Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD (2002). *Manual de Frascati. Medición de las actividades científicas y tecnológicas*. París: OECD.
- Pardo, A., Ruiz, M.A. y San Martín, R. (2007). Cómo ajustar e interpretar modelos multinivel con SPSS. *Psicothema*, 19 (2), 308-321.
- Parrilli, D. and Heras, H.A. (2016). STI and DUI innovation modes: Scientific-technological and context-specific nuances. *Research Policy*, 45 (4), 747-756.
- Parrilli, D. and Elola, A. (2012). The strength of science and technology drivers for SME innovation. *Small Business Economics*, 39 (4), 897-907.
- Patel, P. and Pavitt, K. (1997). The technological competencies of the world's largest firms: complex and path dependent, but not much variety. *Research Policy*, 26 (2), 141-156.
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technological change: Towards taxonomy and theory. *Research Policy*, 13, 343-373.
- Peneder, M. (2010). Technological regimes and the variety of innovation behavior: creating integrated taxonomies of firms and sectors. *Research Policy*, 39, 323-334.
- Penrose, E.T. (1959). *The theory of the growth of the firm*. Oxford University Press, Oxford.
- Pentland, B.T., Haerem, T. and Hillison, D. (2011). The (n)ever-changing world: Stability and change in organizational routines. *Organization Sciences*, 22 (6), 1369-1383.
- Pentland, B.T., Feldman, M.S., Becker, M.C. and Liu, P. (2012). Dynamics of organizational routines: A generative model. *Journal of Management Studies*, 49, 1484-1508.
- Pérez, C. (2001). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. *Revista de la CEPAL*, 75, 115-135.
- Peteraf, M. and Shanley, M. (1997). Getting to know you: a theory of strategic group identity. *Strategic Management Journal*, 18, 165-186.
- Peteraf, M. (1993). Intra-industry structure and response towards rivals. *Journal of Managerial and Decision Economics*, 14, 519-528.
- Pietrobelli, C. and Rabellotti, R. (2008). *Upgrading to compete. Global value chains, clusters, and SMEs in Latin America*. Inter-American Development Bank, David Rockefeller Center for Latin American Studies Harvard University. Harvard University Press: New York.

- Popper, K. (1983). *Conjeturas y Refutaciones*. Barcelona, Paidós.
- Porter, M. (1985). *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*. New York: Free Press.
- Porter, M. (1980). *Competitive strategy*. Free Press: New York.
- Rumelt, R. (1991). How much does industry matter? *Strategic Management Journal* 12, 167-185.
- Scherer, F. (1980). *Industrial market structure and economic performance*. Houghton Mifflin: Boston, MA.
- Schmalensee, R. (1985). Do markets differ much? *American Economic Review*, 75, 341-351.
- Schumpeter, J.A. (1942). *Capitalism, socialism and democracy*. Harper: New York.
- Schumpeter, J. (1934). *The theory of economic development*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Snijders, T. and Bosker, R. (2012). *Multilevel analysis. An introduction to basic and advanced multilevel modeling*. London: Sage Publications Ltd.
- Srholec, M. (2015). Understanding the diversity of cooperation on innovation across countries: multilevel evidence from Europe. *Economics of Innovation and New Technology*, 24 (1-2), 159-182. <http://dx.doi.org/10.1080/10438599.2014.897864>.
- Srholec, M. (2014). Cooperation and innovative performance of firms: Panel data evidence from the Czech Republic, Norway and the UK. *Journal of the Knowledge Economy*, 5 (1), 133-155.
- Srholec, M. (2011). A multilevel analysis of innovation in developing countries. *Industrial and Corporate Change*, 20, 1539-1569.
- Srholec, M. (2010). A multilevel approach to geography of innovation. *Regional Studies*, 44, 1207-1220.
- Srholec, M. and Verspagen, B. (2012). The voyage of the Beagle into innovation: explorations on heterogeneity, selection, and sectors. *Industrial and Corporate Change*, 21 (5), 1221-1253.

- Steele, F. (2011). *Module 9: single-level and multilevel models for ordinal responses concepts*. Centre for multilevel modelling.
- Teece, D. (2011). Achieving integration of the business school curriculum using the dynamic capabilities framework. *Journal of Management Development*, 30 (5), 499-518.
- Teece, D.J. (2009). *Dynamic capabilities and strategic management: organizing for innovation and growth*. Oxford: Oxford University Press.
- Teece, D.J., Pisano, G. and Schuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18 (7), 509-533.
- Utterback, J.M. and Abernathy, W.J. (1975). A dynamic model of product and process innovation. *Omega*, 3 (6), 639-656.
- Vargas, M., Malaver, F. y Zerda, A. (Eds.) (2003). *La innovación tecnológica en la industria colombiana*. Bogotá: CEJA-OCyT-Colciencias.
- Verganti, R. (2009). *Design - Driven Innovation Changing the Rules of Competition by Radically Innovating what Things mean*. Harvard Business Press.
- vonTunzelmann, N. and Acha, V. (2005). Innovation in “low-tech” Industries. In J. Fagerberg, D. Mowery y R. Nelson (Eds.). *The Oxford handbook of innovation* (pp. 407-432). Oxford: Oxford University Press.
- von Tunzelmann, N., Malerba, F., Nightingale, P. and Metcalfe, S. (2008). Technological paradigms: Past, present and future. *Industrial and Corporate Change*, 17 (3), 467-484.
- Wernerfelt, B. (1984). A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5, 171-180.
- Winter, S. G. (2013). Habit, deliberation, and action: strengthening the microfoundations of routines and capabilities. *The Academy of Management Perspectives*, 27 (2), 120-137.
- Winter, S. G. (2012). Capabilities: their origins and ancestry. *Journal of Management Studies*, 49 (8), 1402-1406.
- Winter, S. G. (2006). Toward a neo-shumpeterian theory of the firm. *Industrial and Corporate Change*, 15 (1), 125-141.
- Winter, S. (1984). Schumpeterian competition in alternative technological regimes. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 5, 287-320.

- Whittington, R. (2007). Strategy practice and strategy process: Family differences and the sociological eye. *Organization Studies*, 28, 1575-1586.
- Zollo, M. and Winter, S. (2002). Deliberate learning and the evolution of dynamic capabilities. *Organization Science*, 13 (3), 339-351.

Anexos

Anexo 1. Resultados de los modelos multinivel de la interacción micro – meso para los casos de ingeniería, diseño y maquinaria y equipo

Los análisis de la heterogeneidad micro – meso asociados a la I+D, se replicaron para las otras actividades de los procesos de innovación consideradas: adquisiciones de maquinaria y equipo, ingeniería y diseño.

Anexo 1.A. Caso de la maquinaria y equipo

El primer ejercicio busca establecer si el coeficiente de la variable maquinaria y equipo varía de una industria a otra. Los resultados obtenidos y presentados en la **Tabla 1.A**, indican que sí, como quiera que el LR Test, muestra que todos los parámetros aleatorios son significativamente distintos de cero. Esto corrobora que comprar maquinaria y equipo para innovar también afecta el desempeño innovador con diferente intensidad en las distintas industrias.

El segundo ejercicio, de cálculo de la varianza entre las industrias, que está afectada por el efecto aleatorio asociado a la maquinaria y equipo, muestra que en el caso de las firmas que no adquieren maquinaria y equipo, la varianza entre las industrias es igual a 0.15, y que en el caso de las firmas que si la adquieren es igual a 0.56. Este resultado sugiere, nuevamente, que la industria importa más para las empresas que adquieren maquinaria y equipo que para las que no lo hacen. Sugiere además la diferencia entre los dos casos es alta –3.7 veces–, pero no tan pronunciada como en el caso de la I+D, que supera las 6 veces.

Tabla 1.A. Modelo para el caso de la maquinaria y equipo

Mixed-effects ologit regression			Number of obs		=	568
Group variable: ciuu2			Number of groups		=	17
			Obs per group:			
			min		=	20
			avg		=	33.4
			max		=	85
Integration method: mvaghermite			Integration pts.		=	7
			Wald chi2(9)		=	243.91
Log likelihood = -436.53847			Prob > chi2		=	0.0000
desinnalcance	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
rdsbdpt	.589793	.2704012	2.18	0.029	.0598165	1.11977
hrqual	.0159067	.0069536	2.29	0.022	.002278	.0295355
actcytdummy	-.5471294	.3631501	-1.51	0.132	-1.258891	.1646318
clientdummy	1.514864	.230718	6.57	0.000	1.062665	1.967063
id	2.681891	.3857073	6.95	0.000	1.925918	3.437863
mye	1.933146	.3015397	6.41	0.000	1.342139	2.524153
diseno	1.075215	.3169279	3.39	0.001	.4540473	1.696382
ingot	2.208947	.2390522	9.24	0.000	1.740413	2.677481
tam	.5265385	.1597135	3.30	0.001	.2135059	.8395712
/cut1	2.394166	.3164641	7.57	0.000	1.773908	3.014424
/cut2	4.208948	.3599235	11.69	0.000	3.503511	4.914385
/cut3	8.75537	.563049	15.55	0.000	7.651814	9.858926
ciu2						
var(mye)	.5865425	.460759			.1257874	2.735028
var(_cons)	.1522079	.148859			.0223854	1.034929
ciu2						
cov(_cons,mye)	-.089922	.2139402	-0.42	0.674	-.5092371	.3293931
LR test vs. ologit model: chi2(3) = 14.74			Prob > chi2 = 0.0021			
Note: LR test is conservative and provided only for reference.						

Fuente: elaboración propia.

El tercer ejercicio, de la covarianza entre los efectos aleatorios, del intercepto y del coeficiente de la adquisición de maquinaria y equipo, muestra una correlación negativa entre los dos términos de error. Esto indica que las industrias con una proporción más alta de firmas que tienen un alto desempeño innovador –en comparación con el

promedio—, esto es, con un término aleatorio asociado al intercepto mayor que cero, tienen una menor diferencia en el desempeño innovador entre las firmas que adquieren maquinaria y equipo y las que no lo hacen. Esto es opuesto al caso de la I+D, y muestra que esta variable genera mayor heterogeneidad en las industrias con menor desempeño innovador. El patrón no solo es diferente sino inverso.

Lo más importante, sin embargo, es que corrobora que es fuente de heterogeneidad en las industrias donde el cambio técnico es exógeno e importado, pero que en las industrias más dinámicas la heterogeneidad es menor. Es decir, allí donde la dinámica es más endógena, pues importa más la I+D allí la incorporación pesa menos.

Anexo 1.B. Caso ingeniería

El primer ejercicio busca establecer si el coeficiente de la variable ingeniería varía de una industria a otra. De acuerdo con el LR Test los parámetros aleatorios son significativamente distintos de cero (**Tabla 1B**). Esto corrobora que el efecto de realizar las actividades de ingeniería sobre el desempeño innovador es diferente de una industria a otra.

El segundo ejercicio, de cálculo de la varianza entre las industrias, que está afectada por el efecto aleatorio asociado a la ingeniería, muestra que en el caso de las firmas que no realizan esta actividad, la varianza entre las industrias es igual a 0.10, y que en el caso de las firmas que si la realizan es igual a 0.43. Este resultado sugiere, nuevamente, que la industria importa más para las empresas que realizan ingeniería que para las que no lo hacen. Cabe anotar que aquí la diferencia entre los dos casos es alta —4.3 veces—, aunque inferior al de la I+D.

Tabla 1.B. Modelo con intercepto y pendiente aleatorios (para el caso de ingeniería)

Mixed-effects ologit regression			Number of obs		=	568
Group variable: ciiu2			Number of groups		=	17
			Obs per group:			
			min		=	20
			avg		=	33.4
			max		=	85
Integration method: mvaghermite			Integration pts.		=	7
			Wald chi2(9)		=	279.55
Log likelihood = -438.21909			Prob > chi2		=	0.0000

desinnalcance	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
rdsubdpt	.5973157	.2670395	2.24	0.025	.0739278	1.120704
hrqual	.0145298	.0069093	2.10	0.035	.0009878	.0280718
actcytdummy	-.5819629	.3585282	-1.62	0.105	-1.284665	.1207395
clientdummy	1.481055	.2227943	6.65	0.000	1.044386	1.917723
id	2.646893	.3815785	6.94	0.000	1.899012	3.394773
mye	1.73181	.2118564	8.17	0.000	1.316579	2.147041
diseno	1.114051	.3130617	3.56	0.000	.500461	1.72764
ingot	2.221473	.2510082	8.85	0.000	1.729506	2.71344
tam	.4936916	.1572059	3.14	0.002	.1855737	.8018096
/cut1	2.285975	.3034434	7.53	0.000	1.691237	2.880714
/cut2	4.051972	.342084	11.84	0.000	3.3815	4.722444
/cut3	8.579093	.5348715	16.04	0.000	7.530764	9.627422
ciiu2						
var(ingot)	.1156025	.0000709			.1154637	.1157415
var(_cons)	.10215	.0000256			.1020999	.1022001
ciiu2						
cov(_cons,ingot)	.1086683	.0000458	2370.85	0.000	.1085785	.1087581

LR test vs. ologit model: chi2(3) = 11.37			Prob > chi2 = 0.0099		
---	--	--	----------------------	--	--

LR test vs. ologit model: chi2(3) = 11.37

Prob > chi2 = 0.0099

Note: LR test is conservative and provided only for reference.

Fuente: elaboración propia.

El tercer ejercicio, de la covarianza entre los efectos aleatorios, del intercepto y del coeficiente de ingeniería, muestra una correlación positiva entre los dos términos de error. Esto indica que las industrias con una proporción más alta de firmas que tienen un alto desempeño innovador –en comparación con el promedio–, esto es, con un término

aleatorio asociado al intercepto mayor que cero, tienen una mayor diferencia en el desempeño innovador entre las firmas que realizan ingeniería y las que no lo hacen.

Anexo 1.C. Caso del diseño

En este caso, según el LR Test, se puede señalar que el efecto del diseño sobre el desempeño innovador en la IByC cambia de una industria a otra. En cuanto al cálculo de la varianza entre las industrias, que está afectada por el efecto aleatorio asociado al diseño, se revela que en el caso de las firmas que no realizan actividades de diseño, la varianza entre las industrias es igual a 0.155, y que en el caso de las firmas que si realizan diseño es igual a 0.47. Este resultado sugiere, nuevamente, que la industria importa más para las empresas que realizan actividades de diseño que para las que no lo hacen. La diferencia entre los dos casos es alta, cerca de 3.1 veces (**Tabla 1.C**).

Con respecto al análisis la covarianza entre los efectos aleatorios, del intercepto y del coeficiente de diseño, se muestra una correlación positiva entre los dos términos de error. Esto indica que las industrias con una proporción más alta de firmas que tienen un alto desempeño innovador –en comparación con el promedio–, esto es, con un término aleatorio asociado al intercepto mayor que cero, tienen una mayor diferencia en el desempeño innovador entre las firmas que realizan diseño y las que no lo hacen.

Tabla 1.C. Modelo con intercepto y pendiente aleatorios (para el caso del diseño)

Mixed-effects ologit regression		Number of obs		=	568	
Group variable: ciuu2		Number of groups		=	17	
		Obs per group:				
				min	=	20
				avg	=	33.4
				max	=	85
Integration method: mvaghermite		Integration pts.		=	7	
		Wald chi2(9)		=	287.07	
Log likelihood = -438.97224		Prob > chi2		=	0.0000	
desinnalcance	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
rdsbtp	.5821691	.2685471	2.17	0.030	.0558265	1.108512
hrqual	.0150878	.0069042	2.19	0.029	.0015557	.0286199
actcytdummy	-.5316206	.3587532	-1.48	0.138	-1.234764	.1715228
clientdummy	1.433995	.2215052	6.47	0.000	.9998533	1.868138
id	2.555252	.3795978	6.73	0.000	1.811254	3.29925
mye	1.749277	.2114263	8.27	0.000	1.334889	2.163665
diseno	1.158985	.325636	3.56	0.000	.5207504	1.79722
ingot	2.128791	.2300543	9.25	0.000	1.677893	2.579689
tam	.5204031	.1579163	3.30	0.001	.2108929	.8299133
/cut1	2.320739	.3092226	7.51	0.000	1.714674	2.926804
/cut2	4.082229	.3473245	11.75	0.000	3.401485	4.762973
/cut3	8.56842	.5365563	15.97	0.000	7.516789	9.620051
ciu2						
var(diseno)	.0869015	.0062942			.0754007	.1001565
var(_cons)	.1551565	.0043085			.1469378	.163835
ciu2						
cov(_cons,diseno)	.1161178	.0027795	41.78	0.000	.1106701	.1215655
LR test vs. ologit model: chi2(3) = 9.87		Prob > chi2 = 0.0197				

Note: LR test is conservative and provided only for reference.

Fuente: elaboración propia.