

ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE ALTA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN  
COLOMBIA

JOHN EDISSON LONDOÑO RÚA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE MINAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA ORGANIZACIÓN  
MEDELLIN  
2011

ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE ALTA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN  
COLOMBIA

JOHN EDISSON LONDOÑO RÚA

Trabajo Final para optar al título de Magíster en Ingeniería Administrativa

Directora  
CLAUDIA NELCY JIMÉNEZ HERNÁNDEZ  
Ingeniera química, Magíster en Administración



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE MINAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA ORGANIZACIÓN  
MEDELLIN  
2011



A Jenny, mí adorada esposa, por su apoyo incondicional y sabios consejos.

A mis padres y hermanos por su constante aliento para sacar adelante este proyecto.

## AGRADECIMIENTOS

A la profesora Claudia Nelcy Jiménez Hernández por su gran aporte al guiar este trabajo.

A todas las personas que de una u otra forma participaron en el desarrollo de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
INTRODUCCIÓN .....	11
1 MARCO DE REFERENCIA .....	13
1.1 Importancia de la tecnología y la innovación en las organizaciones. ....	14
1.2 Gestión tecnológica .....	16
1.3 La innovación .....	16
1.4 Alta tecnología.....	18
1.5 El estudio de la relación entre alta tecnología e innovación .....	22
1.6 El estudio de la relación entre alta tecnología e innovación en Colombia. ...	25
1.7 Conclusión del capítulo.....	29
2 DISEÑO METODOLOGICO .....	31
2.1 Justificación del estudio.....	31
2.2 Metodología.....	32
2.3 Recolección de información.....	33
2.4 Definición de variables .....	33
2.5 Observaciones generales acerca de las variables .....	39
2.5.1 Reducción de variables .....	39
2.5.2 Dicotomización de variables.....	40
2.6 Método estadístico .....	40
2.6.1 Cálculo del coeficiente de correlación PHI .....	43
2.6.2 Cálculo del coeficiente de correlación V de Cramer.....	44
2.7 Conclusión del capítulo.....	44
3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN .....	46
3.1 Prueba de Independencia Chi Cuadrado .....	46
3.1.1 Correlación 1: Uso de tecnologías eléctricas e innovación en la primera encuesta de innovación.....	46

3.1.2	Correlación 2: Uso de TIC e innovación en la segunda encuesta .....	49
3.1.3	Correlación 3: Uso de tecnologías biológicas e innovación en la segunda encuesta de innovación.....	50
3.2	Cálculo del Coeficiente de Correlación PHI.....	52
3.2.1	Cálculo de coeficiente Phi para la correlación entre uso de tecnologías eléctricas e innovación en la EDIT I. ....	52
3.2.2	Coeficiente Phi para la correlación entre uso de tecnologías eléctricas e innovación en el sector fabricación de sustancias y productos químicos (sector 24 Código CIU).....	55
3.2.3	Cálculo de coeficiente Phi para la correlación entre el uso de TIC y la innovación en la segunda EDIT.....	56
3.2.4	Cálculo de coeficiente Phi para la correlación entre el uso de tecnologías biológicas y la innovación en la segunda EDIT .....	57
3.3	Conclusiones del capítulo.....	57
	CONCLUSIONES.....	58
	RECOMENDACIONES .....	61
	REFERENCIAS.....	63

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Listas de sectores de alta intensidad de I+D según la OCDE.....	20
Cuadro 2: Lista española de sectores de alta intensidad de I+D.....	21
Cuadro 3: Diseño metodológico del estudio.....	34
Cuadro 4: Variables identificadas en la EDIT I .....	36
Cuadro 5: Variables identificadas en la segunda encuesta.....	37
Cuadro 6: Correlaciones estudiadas.....	39
Cuadro 7: Tabla de contingencia.....	42
Cuadro 8: Sectores Industriales analizados según código CIU.....	45
Cuadro 9: Tabla de contingencia correlación 1.....	47
Cuadro 10: Tabla de contingencia correlación 2.....	48
Cuadro 11: Tabla de contingencia correlación 3.....	49
Cuadro 12: Coeficiente PHI por sectores.....	53
Cuadro 13: Coeficiente PHI sector fabricación de sustancias y productos químicos.....	54

## RESUMEN

La generación de innovaciones depende en gran medida de la manera como se utilice y aproveche el factor tecnológico en la organización y de las capacidades generadas a partir de ello; por tanto, la relación tecnología-innovación está mediada por la gestión. En el caso de la alta tecnología su uso genera ventajas en la gestión organizacional, pero no se ha determinado si el solo hecho de usarla proporciona ventajas para la innovación.

A través de un análisis estadístico de datos este trabajo estudia las relaciones entre el uso de alta tecnología y la innovación, en empresas y sectores colombianos a partir de encuestas sobre innovación y desarrollo tecnológico en el país. Inicialmente se hizo el levantamiento y análisis de literatura disponible sobre el tema en países desarrollados y Latinoamérica y como base para la caracterización del caso colombiano también se revisó la información de la primera y segunda encuesta de innovación y desarrollo tecnológico. En los estudios realizados por diversos autores se muestra principalmente que el uso de alta tecnología en las organizaciones incrementa la productividad y competitividad, además de ser un factor de desarrollo de capacidades de innovación.

Contando con la información anterior, en el caso colombiano, el análisis de la estructura y composición de las encuestas nacionales de innovación permitió identificar aspectos y preguntas concretas que sirvieron de base para el análisis de la relación entre el uso de alta tecnología y la innovación en el país. Se obtuvieron cuatro variables de estudio a partir de las encuestas de innovación, innovación de producto, uso de tecnologías eléctricas, uso de TIC y uso de tecnologías biológicas y genéticas y se probó estadísticamente la posible existencia de dependencia entre los usos de alta tecnología con la innovación de producto, finalmente se aplicó el coeficiente de correlación PHI para medir la intensidad de la relación.

Exceptuando el uso de tecnologías biológicas y genéticas en donde no fue posible rechazar la independencia, se concluyó que en general existe una relación de dependencia entre el uso de alta tecnología e innovación en la empresa y la intensidad de esa relación varía de acuerdo a los diferentes sectores en los cuales fue posible hacer el análisis. En este sentido el presente trabajo contribuye al análisis de la dinámica de la innovación en Colombia, mediante el estudio de una

de las variables de los procesos de innovación, el uso de alta tecnología en las empresas.

## ABSTRACT

The generation of innovations depends largely on the way it is used and taken advantage of the technology factor in the organization and capabilities generated from it, therefore the relationship technology-innovation is mediated by management. In the case of high technology its use generates benefits in organizational management, but has not been determined whether the mere fact of using it provides advantages for innovation.

Through a statistical analysis of data, this paper studies the relationship between the use of high technology and innovation in sectors and Colombian companies from surveys on innovation and technological development in the country. Initially the survey and analysis was made of available literature on the subject in developed countries and Latin America and as a basis for characterizing of the Colombian case also reviewed information from the first and second survey of innovation and technological development. In studies by various authors it is shown mainly that the use of high technology in organizations increase productivity and competitiveness as well as being a factor in development of innovation capabilities.

Having the above information, in the Colombian case, the analysis of the structure and composition of the national innovation survey identified specific issues and questions that formed the basis for the analysis of the relationship between high technology and innovation the country. From the surveys of innovation were obtained four variables of study like product innovation, use of electric technologies, use of ICT and use of biological and genetic technologies and it was proved statistically that there was a dependency between uses of high-tech and product innovation, finally was implemented PHI correlation coefficient to measure the intensity of the relationship.

It was concluded that except for the use of biological and genetic technologies it was not posible reject the Independence, in general there is a dependency relationship between the use of high technology and innovation in the company and the strength of this relationship varies according to different sectors in which it

was possible to do the analysis. In this sense, this work contributes to the analysis of the dynamics of innovation in Colombia, by studying one of the variables of the innovation process, using high-tech companies.

## INTRODUCCIÓN

En el enfoque organizacional la tecnología se concibe como la aplicación sistémica del conocimiento por medio del cual se generan bienes y servicios disponibles para quien los requiera. Es entonces el principal factor con que las organizaciones cuentan para el diseño, creación y distribución de sus productos, dándole un carácter estratégico a la utilización y dominio del mismo. Tanto en la gestión estratégica como en la operativa, la tecnología se ha convertido en la mano derecha, junto con la administración, en el momento de trabajar por el desarrollo de los objetivos y metas de las organizaciones (Aït-EI-Hadj, 1990, Citado en Jiménez et al., 2008) siendo entonces un recurso fundamental para la obtención de ventajas competitivas y en la acumulación de capacidades de innovación.

Robledo, Gómez & Restrepo, (2009) en su trabajo sobre capacidades de innovación y desempeño empresarial, plantean que desde la perspectiva de los recursos y capacidades, se entiende que detrás de la innovación como proceso empresarial están las capacidades organizacionales que la hacen posible. Ante la necesidad de gestionar adecuadamente esas capacidades y darles una aplicación estratégica en la organización, el papel de la gestión tecnológica se vuelve fundamental, al buscar la integración de la tecnología y la estrategia de la organización, así como la generación, la difusión y la aplicación de innovaciones. En este sentido, se busca incrementar las capacidades de la organización para explotar la tecnología disponible de manera que su uso tenga un impacto en diferentes ámbitos, y sea un soporte efectivo en la generación de innovaciones, que dependerá en gran medida de la manera como se utilice y aproveche el factor tecnológico en la organización y de las capacidades generadas a partir de ello; por tanto, la relación tecnología-innovación está mediada por la gestión.

Este trabajo se centra en las llamadas altas tecnologías, que juegan un papel muy importante en el crecimiento económico de muchos países, principalmente aquellos que basan su industria en el conocimiento. Por tal razón el objetivo de este trabajo es el estudio de la relación entre alta tecnología e innovación y las

ventajas del uso de este tipo de tecnologías para las organizaciones, de manera que sirva como soporte para plantear algunas consideraciones respecto al análisis de dicha relación en Colombia. Para lograr este objetivo se hizo una exploración de la literatura disponible en bases de datos científicas, lo cual se complementó con una revisión de algunas de las encuestas de innovación realizadas en Colombia con el fin de establecer aspectos para el estudio de la relación alta tecnología – innovación en el país.

En el capítulo uno se presenta un análisis del marco de referencias a través de la definición de conceptos como tecnología, innovación y alta tecnología, y la importancia que tienen para las organizaciones, también se revisa como se ha estudiado esta relación por parte de otros autores, todo esto en el contexto de la revisión bibliográfica y de las encuestas de innovación en Colombia que sirven como fuente de referencia para el presente estudio.

En el segundo capítulo se abordan los conceptos metodológicos del estudio de la relación entre alta tecnología e innovación que se hizo, tomando como referencia las técnicas estadísticas disponibles para el análisis del tipo de datos que presentan las encuestas de innovación en Colombia y los conceptos identificados en la revisión bibliográfica para la determinación de las variables a estudiar.

En el tercer capítulo del estudio se hace el análisis de la relación entre las variables estudiadas, mediante la aplicación del estadístico de prueba chi cuadrado y el coeficiente de correlación PHI, se plantean los resultados a la luz de la estadística y se dan conclusiones acerca de las relaciones observadas, así como algunas recomendaciones que pueden ser útiles para el estudio de la innovación en Colombia y perspectivas de futuros estudios. Con la ejecución de este proyecto de investigación se favoreció el conocimiento de los procesos de innovación en el país mediante la utilización de tecnologías que presuponen orientación a la innovación, brindando información que contribuye al análisis y fortalecimiento de las políticas de Ciencia Tecnología e Innovación (CTI) en Colombia.

## 1 MARCO DE REFERENCIA

La tecnología afecta a los miembros de las organizaciones en diversas formas, por ejemplo es un factor clave para determinar las tareas y el grado de especialización requeridos (Kast y Rosenzweig, 1988). La relevancia del papel de la tecnología en la organización es evidente tanto en el nivel productivo como en la gestión global, y en el caso de las tecnologías de avanzada, entre las se encuentran la nanotecnología, la biotecnología, la electrónica y las tecnologías de información y comunicaciones - TIC, este impacto se ha dado de manera directa y profunda, en una gran cantidad de sectores y empresas.

La generación de innovaciones depende en gran medida de la manera como se utilice y aproveche el factor tecnológico en la organización y de las capacidades generadas a partir de ello; por tanto, la relación tecnología-innovación está mediada por la gestión.

A continuación se presentan los conceptos de tecnología e innovación y la importancia de gestionar estos en búsqueda de la obtención de ventaja para la organización, además se define el concepto de alta tecnología y como se relaciona con los anteriores.

Para dar forma al marco de referencia se realizaron búsquedas en la base de datos científica ScienceDirect® y en los registros de trabajos de grado de la universidad Nacional, Dichas bases de datos fueron accedidas a través del Sistema Nacional de Bibliotecas de la Universidad Nacional de Colombia. La búsqueda se realizó sin restricción de año de publicación, con ecuaciones diseñadas para ubicar los artículos en cuyo título, resumen o palabras clave estuvieran presentes las combinaciones de las palabras alta tecnología e innovación. Como resultado de la búsqueda no se evidenció gran cantidad de artículos que combinara los dos temas, además en el análisis posterior a la búsqueda se encontró que la mayoría de ellos relacionaban estudios sobre empresas productoras de alta tecnología y no respecto al uso de la misma.

## 1.1 Importancia de la tecnología y la innovación en las organizaciones.

Para comprender el alcance de la tecnología en las organizaciones es necesario hacer referencia a la definición del término, para no confundirla con los productos que se derivan del uso o aplicación de esta, además es importante tener en cuenta que en este trabajo se analizará el concepto de la clasificación en tecnología organizacional.

La tecnología organizacional a través del tiempo ha tenido diversos enfoques en su definición, por ejemplo O'Reagan & Sims (2008) plantean que se encuentran muchas definiciones de tecnología pero resaltan que entre las más importantes existen dos orientadas a la transformación de materias primas en bienes y servicios. Fernández (2005) utiliza las definiciones de Rosenberg (1982) y Galbraith (1967) que se enfocan en la aplicación sistemática del conocimiento científico y resalta la importancia de diferenciar técnica y tecnología, aunque en su trabajo se considera la técnica como parte de la tecnología. Además agrega que la tecnología cumple con determinadas características que la convierten en un bien que no es de uso libre, donde hay que valorar la compatibilidad del sistema tecnológico con el entorno donde la empresa desarrolla su actividad. Estas características son:

- Oportunidad

Se refiere a las motivaciones que la tecnología puede ofrecer relacionadas con satisfacer o crear alguna necesidad del mercado y a la factibilidad con que pueden alcanzarse nuevos avances tecnológicos.

- Especificidad

Posee un valor en su uso, superior al que poseería bajo cualquier otro usuario o uso alternativo. Lo es en dos sentidos:

- Respecto al entorno en donde se lleva a cabo la actividad tecnológica.
- Respecto a los productos y procesos

- Complejidad

En general, las tecnologías están formadas por múltiples componentes e interacciones y una parte de sus conocimientos es de naturaleza tácita. Todo ello hace compleja la tecnología, lo que dificulta su comprensión y asimilación. (Fernández, 2005).

- Acumulabilidad

Significa que la actividad tecnológica en las empresas tiende a construirse gradualmente a partir de lo que ya se conoce, incluso cuando lo que se busca son grandes cambios o revoluciones. (Fernández, 2005)

- Apropiabilidad

Este término se relaciona con la capacidad del propietario de la tecnología para capturar el valor derivado de la aplicación comercial de la misma. (Fernández, 2005)

En este enfoque organizacional la tecnología se concibe como la aplicación sistémica del conocimiento por medio del cual se generan bienes y servicios disponibles para quien los requiera. Convirtiéndola en la principal “herramienta” con la que las organizaciones cuentan para el diseño, creación, y distribución de sus productos y dándole un carácter estratégico a la utilización y dominio de la misma. Tanto en la gestión estratégica, como en la operativa, la tecnología se ha convertido en la mano derecha, junto con la administración, en el momento de trabajar por el desarrollo de los objetivos y metas de las organizaciones (Aït-El-Hadj, 1990, Citado en Jiménez *et al.*, 2008) convirtiéndola entonces en un recurso fundamental para la obtención de ventajas competitivas.

La literatura ve los recursos (activos, capacidades, procesos organizacionales, información, conocimiento, etc.) (Barney, 1991, p. 101) como el primer escalón en la cadena de valor y el conductor de las capacidades y posteriormente de la ventaja competitiva, esto indica que los recursos se necesitan para identificar, nutrir, desplegar y explotar la empresa para maximizar las oportunidades inherentes a la operación en el ambiente externo. (O’Reagan & Sims; 2008)

Otra forma de recursos son las capacidades y competencias básicas, para proveer beneficios a los clientes, convirtiéndose en un modelo a seguir para la competencia y maximizando los beneficios obtenidos por los productos o proceso obtenidos (O’Reagan & Sims; 2008). La relación entre el conocimiento y desempeño tienen una fuerte sustentación empírica que se centra en la capacidad de la empresa para crear, utilizar y desarrollar sus conocimientos basados en los activos; el conocimiento es considerado como uno de los principales impulsores de las capacidades.

## 1.2 Gestión tecnológica

Ante la necesidad de gestionar adecuadamente esas capacidades y la tecnología y la necesidad de darles una aplicación estratégica en la organización, aparece el concepto de gestión tecnológica, que inicialmente hacía referencia a la administración de la investigación y desarrollo, pero que con el tiempo evolucionó y se enfocó en la planeación, la innovación y finalmente gestión de la tecnología como parte estratégica de la administración. (Drejer, 1996) La gestión tecnológica se define como el conjunto de decisiones vinculadas a la creación y/o adquisición, desarrollo y/o transformación y comercialización de la tecnología, desde un punto de vista estratégico como operacional que en la empresa se materializa en la estrategia tecnológica y en el plan estratégico de desarrollo tecnológico. (Gallego, 2005)

La Gestión tecnológica estratégica está dada entonces por la integración de la tecnología y la estrategia de la organización como un enfoque plenamente integrador, para la administración que desconoce y explica el papel central de la tecnología y el desempeño de una firma, con una visión asociada de tecnología como soporte primario para productos y procesos mejorados (Cortés, 2004). A su vez, siguiendo a Morcillo (1997:107-108 citado por Gallego, 2005), la gestión tecnológica se orienta también hacia la difusión y aplicación de innovaciones ya existentes.

## 1.3 La innovación

Según la OCDE (2005), la innovación se define como la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores, en un sentido más general la innovación se puede considerar como “el proceso en el cual a partir de una idea, invención o reconocimiento de una necesidad se desarrolla un producto, técnica o servicio útil hasta que sea comercialmente aceptado” (Escorsa & Valls, 1998). De acuerdo con esto, innovar es transformar un producto, servicio o forma de realizar una gestión de acuerdo con unas necesidades identificadas en el mercado, lo que traerá como consecuencia el logro de un objetivo económico.

La innovación es generadora de rentabilidad y de incremento en los niveles de utilidad (Cory, 1999, citado por Torres, Castellanos y Fúquena, 2007) y por ende

hace parte fundamental en el proceso de gestión de la organización que le apunta a la diferenciación, además a largo plazo se convierte en un elemento estratégico al permitir aumentos en la cuota del mercado, en el posicionamiento, márgenes de utilidad de las empresas y aprendizaje (Malaver, 2000, citado por Torres, Castellanos y Fúquena, 2007). La innovación es importante entonces, porque se convierte en el eje fundamental de la competitividad a gran escala; aunque se puede ser competitivo manteniendo procesos de mejora continua, sin implicar innovación, pero generalmente esto no es suficiente si se toma en cuenta que existen necesidades en los clientes que los productos o servicios existentes no logran solventar.

Es importante analizar el proceso de innovación en la organización como generador de ideas que se llevan a un uso productivo contemplando dos fases: una creativa, donde se lleva a cabo la generación de la idea, y otra ejecutiva, donde se transforma esta en resultado (Snarch, 1998, citado por Torres, Castellanos y Fúquena, 2007) con el fin de orientar los procesos generales de la empresa, puesto que la dicha orientación enmarcara una gran oportunidad de ventaja competitiva para la organización.

Por tanto, es posible identificar cómo los procesos de gestión tecnológica se convierten en una fuente estratégica de desarrollo que potencializa la generación de innovación en la organización. Uno de los conceptos que puede explicar esta aseveración es el de elasticidad de demanda tecnológica, es decir, la influencia sobre la demanda de un producto que tiene la mejora de uno o varios de sus parámetros (costo, consumo, duración, fiabilidad,.etc.) (Roberts 1995, citado en Escorsa & Valls, 1998); por ende, la utilización de procesos de gestión tecnológica le permiten a la organización establecer un factor de ventaja competitiva con el fin de obtener una posición defendible dentro de una industria. (Porter, 1980)

Estos procesos desarrollados dentro de la gestión tecnológica para la innovación son planteados como fuente de competitividad en la empresa. La innovación representa una respuesta a las situaciones de cambio imprevisibles y se relaciona con los procesos globales de la organización, señalando una estrecha integración entre la tecnología y la gestión. Sus objetivos están centrados en neutralizar las amenazas creadas por la turbulencia tecnológica, apropiándose de todas las oportunidades que se puedan generar, además trata de potencializar los niveles de diferenciación que posee la empresa, así como su flexibilidad, agilidad y niveles de adaptación (Aït-El-Hadj, 1990).

El análisis de esa innovación organizacional y el papel de la gestión tecnológica en el logro de resultados innovadores ha sido abordado desde hace varias décadas, a partir de ópticas y contextos diversos, e involucrando conceptos como capacidades de innovación (Christensen, 1995; Burgelman et al., 2004, entre otros) y competencias tecnológicas (Tidd, 2000; Lall, 1992; Bell y Pavitt, 1995; Figueiredo, 2001), que buscan identificar las posibilidades para producir innovaciones como resultado de la gestión estratégica u operativa de la organización (Robledo, Gómez & Restrepo, 2009).

Es ahí donde nace la gestión de la innovación a partir de la necesidad de las organizaciones de llevar a la práctica el conocimiento obtenido a partir de la I&D, mediante la conversión de este en productos y procesos, es decir la innovación (Escorsa & Valls, 1998). Con base en este planteamiento y teniendo en cuenta que la tecnología es el vehículo de aplicación del conocimiento, es posible determinar la importancia que tiene la gestión de esta en la organización, mediante el análisis del uso y el impacto de la tecnología que se extiende dentro de una industria, las habilidades para gestionar cambios tecnológicos por parte de las empresas, la relación de procesos como la comunicación y la toma de decisiones con el desempeño técnico de las organizaciones, los roles críticos en I&D para el logro de innovaciones, el manejo efectivo de la diversidad en la productividad de los grupos de I&D, y los factores que afectan la transferencia tecnológica desde los entes generadores de tecnología ([Foster, 1986; Henderson y Clark, 1990; Leonard-Barton y Sinha, 1993; Roberts y Fusfield, 1981; Thamhain y Wilemon, 1987; Tushman, 1979; Weiss y Birnbaum, 1989] citados en Gopalakrishnan y Damanpour, 1997).

#### 1.4 Alta tecnología

La alta tecnología juega un papel muy importante en el crecimiento económico de muchos países, principalmente aquellos que basan su industria en el conocimiento. Para definir qué es alta tecnología, los estándares de clasificación industrial (Standard Industrial Classification SIC), tienen un código de clasificación para todas las empresas, de servicios y manufactureras; sin embargo, la selección de empresas de alta tecnología usando los SIC puede causar dificultades, debido a que no son tan adecuadas ya que toman solo el producto innovador y omiten tener en cuenta el proceso de innovación, por ejemplo, una empresa de equipo electro-médico es clasificada como de alta tecnología, mientras que una de

provisiones y mobiliario de oficina es de baja tecnología, sin importar el grado de tecnología inherente a estas (O'Reagan & Sims; 2008).

La OCDE también utiliza una forma de clasificación de alta tecnología basada en la clasificación de sectores, que está elaborada en función del grado de importancia de su tecnología y la intensidad en investigación y desarrollo (I+D) de los mismos. Se utilizaron inicialmente dos indicadores: la intensidad directa y la indirecta, definidas respectivamente como (Ricyt, 2001):

- Intensidad directa: relación de los gastos en I+D respecto de la producción.
- Intensidad indirecta: intensidades directas multiplicadas por los coeficientes técnicos de los sectores obtenidas a partir de matrices input-output.

Según Ricyt, (2001) este procedimiento se justifica por la incorporación de tecnología que procede, para un sector dado, de la I+D incorporada por la compra, a los restantes sectores y al exterior, de bienes de equipo y bienes intermedios. A partir de una ordenación de los sectores según sus intensidades en I+D en un conjunto de países (integrado por Australia, Bélgica, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón, Países Bajos, Reino Unido y Suecia, y posteriormente Dinamarca, y ponderados por su respectivo peso en la producción del conjunto de países) se obtuvieron dos listas que permitieron segmentarlos provisionalmente como de alta, media y baja tecnología OCDE (1995)- Una actualización posterior de este trabajo permitió desglosar el segmento de tecnología media en dos sub-segmentos: tecnología media-alta y tecnología media-baja, y por otra parte, la evolución de la propia tecnología reclasificó algunos de los sectores, desde la tecnología baja a la media-baja. OCDE (1997)

Cuadro 1. Listas de sectores de alta intensidad de I+D según la OCDE

**Lista vigente desde 2001**

Período 1991-1997	ISIC Rev.3
<b>Alta tecnología</b>	
1. Fabricación de aeronaves y naves espaciales	353
2. Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática	30
3. Fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones	32
4. Industria farmacéutica	2423
5. Fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión	33
<b>Media-alta tecnología</b>	
6. Fabricación de vehículos automotores, remolques y semiremolques	34
7. Fabricación de sustancias y productos químicos	24-2423
8. Fabricación de maquinaria y equipo mecánico n.c.p	29
9. Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos n.c.p	31
10. Fabricación de material ferroviario y otro material de transporte	352+359
<b>Media-baja tecnología</b>	
11. Fabricación de otros productos minerales no metálicos	26
12. Fabricación de coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	23
13. Construcción y reparación de buques y otras embarcaciones	351
14. Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	28
15. Fabricación de metales comunes	27
16. Fabricación de productos de caucho y plástico	25
<b>Baja tecnología</b>	
17. Fabricación de papel y productos de papel y actividades de edición e impresión y de Reproducción de grabaciones	21+22
18. Elaboración de productos alimenticios, bebidas y de productos de tabaco	15+16
19. Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; Fabricación de artículos de paja y materiales trenzables	20
20. Fabricación de productos textiles, curtido y adobo de cuero, fabricación de maletas, Bolsos de mano, artículos de talabartería y cuarnicionería y calzado	17+19
21. Fabricación de muebles, industrias manufactureras n.c.p. y reciclamiento	36+37

*ISIC: International Standard Industrial Classification*

Fuente: INE (S.F, <en línea>)

Ricyt, (2001) plantea que Eurostat, por su parte, para la elaboración de estadísticas sobre sectores de alta tecnología, utiliza la clasificación de la OCDE, estableciendo la correspondencia con una agrupación de sectores de la Nomenclatura de Actividades Económicas de la Comunidad Europea (NACE), sin haber realizado ningún cálculo de intensidad de I+D. Para la clasificación utilizada en España, se establecieron las correspondencias entre las clasificaciones NACE y la Clasificación Nacional de Actividades Económicas CNAE-93 a 3 dígitos.

Pero la forma más común de definir la alta tecnología es con base en el gasto en Investigación y Desarrollo (I+D) como un porcentaje de las ventas, sumado a la innovación efectiva y niveles significativos de creatividad (O'Reagan & Sims; 2008). en los cuadros 1 y 2 se muestra la clasificación que hacen correspondiente mente la OCDE y España, tomando como base los sectores que mas invierten en

I+D. Este procedimiento tiene como problema que se enfoca en la inversión en lugar de los resultados de esta. Una característica de las compañías innovadoras es que son intensivas en capital intelectual humano y no en inversión en capital físico como las empresas tradicionales; por esta razón las principales entradas para caracterizar las empresas de alta tecnología son I+D, capacidades e innovación.

Cuadro 2. Lista española de sectores de alta intensidad de I+D

<b>Lista utilizada por el INE</b>	
<b>CNAE 2009</b>	<b>SECTORES</b>
<b>Sectores manufactureros de tecnología alta</b>	
21	Fabricación de productos farmacéuticos
26	Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos
30.3	Construcción aeronáutica y espacial y su maquinaria
<b>Sectores manufactureros de tecnología media-alta</b>	
20	Industria química
25.4	Fabricación de armas y municiones
27 a 29	Fabricación de material y equipo eléctrico; Fabricación de maquinaria y equipo n.c.o.p.; Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques
30- 30.1 - 30.3	Fabricación de otro material de transporte excepto: construcción naval; construcción aeronáutica y espacial y su maquinaria.
32.5	Fabricación de instrumentos y suministros médicos y odontológicos
<b>Servicios de alta tecnología o de punta</b>	
59 a 63	Actividades cinematográficas, de video y de programas de televisión, grabación de sonido y edición musical; Actividades de programación y emisión de radio y televisión; Telecomunicaciones; Programación, consultoría y otras actividades relacionadas con la informática; Servicios de información.
72	Investigación y desarrollo

Fuente: INE (S.F, <en línea>)

Respecto al papel de las tecnologías de avanzada, en el contexto actual marcado por la globalización y los flujos de información y conocimiento, estas se han convertido en la base para la generación de ventajas competitivas en industrias como la farmacéutica y de telecomunicaciones, consideradas por la OCDE (1995), sectores de alta tecnología por su elevada intensidad directa e indirecta. En el caso específico de las Tecnologías de Información y Comunicaciones - TIC, su influencia va más allá de los sectores de alta tecnología pues la incorporación de estas a los procesos productivos ha permitido por ejemplo, la globalización de la economía y la disminución en los ciclos de vida de los productos. Según Johannessen et al. (1999) el potencial de estas tecnologías es optimista, pero puede verse cuestionado al analizar en profundidad la relación entre la inversión en tecnologías de información (TI) y la productividad de la empresa. Sin embargo,

si el análisis se enfoca en el uso de este conjunto de tecnologías, resulta viable establecer un impacto positivo sobre la generación de innovaciones exitosas y el desempeño organizacional, indicando que dicho impacto será más evidente en sectores de alta tecnología basados en TI.

### 1.5 El estudio de la relación entre alta tecnología e innovación

La relación entre alta tecnología e innovación ha sido estudiada por algunos autores, quienes se han orientado a diferentes objetivos particulares, principalmente a identificar qué tipos de empresas clasificadas como de alta tecnología han tenido mayores niveles de innovación. A continuación se referencian los trabajos identificados en la literatura sobre este tema.

O'Reagan & Sims (2008) identifican en su estudio que las empresas de los sectores de alta tecnología más innovadores son las de tecnologías de información/software, ingeniería electrónica y producción eléctrica, para desarrollar este trabajo se utilizaron cuatro factores como una perspectiva de entrada estos fueron I+D, capacidades, creatividad e innovación. La producción y el alto rendimiento son determinantes importantes en las empresas de alta tecnología, la literatura indica que existes dos tipos de medidas de rendimiento importantes: medida del comportamiento financiero y la mezcla de los resultados financieros y la efectividad organizacional; por esta razón se utilizaron como variables de salida la rentabilidad, el crecimiento y las patentes.

En el trabajo se tiene en cuenta que una de las mayores limitaciones para este tipo de estudio es establecer una definición de empresas de alta tecnología, otra es cómo las empresas perciben ellas mismas la orientación a la tecnología, y por último la forma como la SIC clasifica las empresas de acuerdo con la industria donde operan.

De acuerdo con las limitaciones identificadas en el estudio de O'Reagan & Sims, se podría inferir que es indiferente utilizar cualquier tipo de clasificación de empresas de alta tecnología, mientras no exista una unificación de criterios que permita dar claridad a los empresarios sobre la orientación tecnológica de su empresa.

Young, Francis & Young (1993) analizan tres factores importantes para la organización: la innovación, el uso de alta tecnología basado principalmente en el uso de computadores en la producción, y la flexibilidad; con el fin de diferenciarlos y medirlos, utilizan las cinco clasificaciones de niveles industriales de empresas de alta tecnología, usados en los códigos SIC. Para el desarrollo del estudio se utilizaron diversas variables relacionadas con cada uno de los factores, como la invención de nuevos productos, grado de especialización de la maquinaria usada en la producción, existencia de un departamento de mantenimiento, existencia de investigación interna, personalización o estandarización de los productos, comportamiento de los clientes, uso de tecnologías y computadores, inclusión de medidas de innovación o implementación de productos, en el caso específico del uso de alta tecnología se utilizaron métodos estadísticos como la correlación de las diferentes variables y el análisis de datos estadísticos. Se concluyó que el uso de alta tecnología, específicamente las relacionadas con la computación, no da una ventaja comparativa para siempre, ya que las tecnologías cambian y deben ser constantemente actualizadas.

Este estudio señala que ninguno de los cinco sectores de la clasificación de alta tecnología predice las características del nivel, así dentro de los mismos sectores de observan características diferentes de innovación, como de otros conceptos; estas diferencias son muy importantes ya que estimulan el cambio; la innovación ha sido medida y distinguida de otros conceptos, sin embargo esta puede ser medida solo en algunas empresas no en todas y con los mismos instrumentos.

Romijn & Albu (S.F.) exploran el comportamiento de pequeñas firmas de alta tecnología en el Reino Unido, especialmente nuevas empresas dedicadas a tecnologías emergentes con un prometedor potencial innovativo, como tecnologías de información y comunicación, biotecnología y alta tecnología electrónica. El estudio se desarrolló mediante entrevistas a 17 empresas de software y desarrolladoras de tecnologías de información y 16 firmas electrónicas, ubicadas en dos regiones con alta concentración de tecnología.

Se utilizaron siete indicadores de capacidad de innovación, basándose en las medidas tradicionales de la OCDE en el Manual de Oslo y con una orientación hacia innovación incremental por tratarse de Pymes, estos fueron:

1. Innovaciones radicales durante 3 años antes de la entrevista.
2. Reconocimientos por procesos innovadores.
3. Reconocimientos por innovaciones organizacionales.

4. Innovaciones incrementales durante los pasados 3 años.
5. Índice de innovación, complejidad y originalidad.
6. Número de patentes.
7. Acreditación (calidad ISO) internacional.

Dentro de los principales resultados hallados se encontró que la significancia de patentes y variables de innovación indican que las innovaciones realizadas por estas empresas de alta tecnología son originales y técnicamente complejas, gracias al papel de los proveedores quienes aportan entradas significativas en términos de innovación a la empresa. También se resalta el papel del gobierno como orientador de la innovación pero solo parcialmente, pues la empresas con más alto potencial son las que tienen interacción con clientes alrededor del mundo lo que contribuye a los nuevos desarrollos gracias a las TIC's y reducción de costos.

Por otra parte, los estudios sobre la introducción de Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) en los entornos sociales y empresariales, han evidenciado su asociación con incrementos en la productividad y competitividad de las organizaciones y los países, lo que ha convertido a las telecomunicaciones en una industria clave, que provee a los demás actores del sistema económico con externalidades monetarias y tecnológicas que afectan los niveles totales de productividad (Antonelli, 1997). Lee *et al.* (2004) incluso sostienen que la capacidad de un país para competir globalmente se ve afectada por el nivel de su infraestructura de Internet. En este sentido, el enfoque de los análisis sobre el impacto de las TIC en la innovación ha sido más transversal en cuanto a los sectores estudiados, evidenciando que este tipo de tecnologías soportan procesos en todos los ámbitos, por su papel en la gestión de la información y las comunicaciones. Puede mencionarse el caso de la Internet, que se está convirtiendo cada vez más el foco de las políticas tecnológicas de las naciones alrededor del mundo y los gobiernos de países en vía de desarrollo están formulando políticas para sostener y acelerar su tasa innovación con base en esta tecnología ([Bhatnagar, 1999; King y Kraemer, 1995] citados en Bokmal et al., 2007).

En el caso de Latinoamérica, no se han evidenciando estudios que hagan referencia específica a la relación entre el uso de alta tecnología y la innovación, existen documentos sobre la innovación de empresas de alta tecnología, como las biotecnológicas; es el caso del informe que presenta InnovaChile (2010) donde se

muestra que se han cofinanciado más de 400 proyectos de innovación biotecnológica desde 1992 en ese país.

De acuerdo con la evidencia encontrada es posible sugerir que las empresas de los sectores de alta tecnología presentan algún tipo de innovación que les genera posibilidades de obtener ventajas en el mercado. Lo que no se ha determinado en los estudios hallados, es si cualquier empresa que no pertenezca específicamente a un sector de alta tecnología y que solo haga uso de ella, obtiene beneficios en innovación, con excepción del uso de TIC, en donde, como se vio, el impacto ha sido transversal a muchos sectores.

#### 1.6 El estudio de la relación entre alta tecnología e innovación en Colombia.

Los estudios en Colombia a cerca de la innovación se han centrado en análisis conceptuales de la misma, un ejemplo de ello lo plantea el estudio de castellanos et al. (2003) que tomando como base el sector Biotecnológico del país, hace un análisis conceptual y metodológico de la innovación en el mismo utilizando para ello el estudio de la manera en que estas firmas asumen la innovación tecnológica y los diferentes aspectos que ésta involucra, y un análisis FODA que se tomó como característico para la totalidad de empresas del sector biotecnológico.)

En este trabajo se señala la carencia de protocolos definidos para el estudio de sectores con carácter innovador como el biotecnológico, informático y electrónico, y además se profundiza en el estudio de la innovación en empresas colombianas con procesos biotecnológicos, identificando aspectos clave sobre los que es prioritario tomar medidas: entidades de apoyo, papel del Estado en el fomento a la innovación, y biotecnología como factor de innovación. En este trabajo se puede observar que aunque la innovación es una variable asumida por las empresas del sector biotecnología en Colombia y se reconoce la importancia de esta para su adecuada gestión y desarrollo, todavía no representa una verdadera oportunidad para ello, pues la biotecnología aún no se ha aprovechado de forma óptima para sustentar dinámicas innovadoras. Este es el único estudio hallado que más se acerca a analizar el tema de la innovación en las empresas de alta tecnología, centrándose en un solo tipo, la biotecnología.

Pero otro enfoque importante y que se relaciona con el análisis en general de la innovación, sin importar el tipo de tecnología, lo plantean los estudios hechos en Colombia con base en las encuestas nacionales de innovación, que

principalmente se han orientado a identificar el estado y la dinámica de la innovación en Colombia y su importancia para el desarrollo de las empresas. Robledo (2009) menciona los siguientes estudios: DANE & COLCIENCIAS (2005), Bogliacino & Naranjo (2008), Durán et al. (1997; 1998; 2000), Langebaek & Vásquez (2007), Malaver & Vargas (2004; 2005; 2006a; 2006b) y Turriago & Hernández (2008), así como los informes sobre Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación publicados periódicamente por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (ver <http://www.ocyt.org.co>)

Estos trabajos no analizan directamente la relación entre el uso de alta tecnología e innovación, aunque permiten identificar una fuente importante para el inicio de este análisis, las encuestas nacionales de innovación. Dichas encuestas buscan, en general, aportar en la necesidad de conocer el estado actual de un país con respecto a indicadores de innovación (Serna, Correa & Robledo; 2009) por tanto, constituyen una herramienta clave de análisis de la gestión tecnológica y la innovación en las empresas y sectores.

En Colombia se han llevado a cabo tres encuestas de innovación. La Primera Encuesta Nacional de Innovación y Desarrollo tecnológico en el Establecimiento Industrial Colombiano (EDT) fue elaborada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y Colciencias en el año 1996. La ejecución de esta encuesta permitió, por primera vez en Colombia, realizar una clasificación de las empresas del sector manufacturero (Serna, Correa & Robledo; 2009). En esta encuesta se determinaron tres categorías de innovación, así: empresas innovadoras, empresas potencialmente innovadoras y empresas no innovadoras. De las empresas innovadoras se tienen: innovadoras en sentido estricto (IE) (son aquellas que realizan actividades de I+D, otras actividades conducentes a la innovación y obtienen innovaciones de alcance internacional), innovadoras en sentido amplio (son aquellas que realizan cualquier actividad de innovación y logran innovaciones para el mercado nacional o la propia empresa) (Ocyt, s.f.).

Durante el año 2003, el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología -OCYT- y el DNP iniciaron un proceso de revisión y alcance de la primera EDT, cuyo resultado fue el desarrollo de una prueba piloto para la Segunda Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (DANE, Colciencias & DNP, 2005). La segunda EDT está estructurada en tres partes: la primera corresponde a la identificación de la empresa, ubicación, datos generales, tipo de organización, composición del capital social, número de establecimientos de la empresa, y la actividad económica según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de

todas las actividades económicas, Revisión 3, Adaptada para Colombia –CIIU; la segunda indaga sobre las actividades de desarrollo tecnológico y los objetivos de la innovación. La tercera parte indaga sobre las relaciones de las actividades de desarrollo e innovación tecnológica y el papel del Estado en cuanto al grado de conocimiento de los instrumentos de la política pública, y el financiamiento de actividades de desarrollo e innovación tecnológica; igualmente, evalúa la protección del conocimiento generado por las empresas a través de los diferentes componentes del sistema de propiedad intelectual y del sistema de acreditación y normalización técnica.

La tercera encuesta nacional de innovación se realizó en el año 2007 y se dirigió a la totalidad de empresas industriales, incluidas en el directorio definido para la Encuesta Anual Manufacturera – EAM del año 2006; se obtuvo información de 6.080 empresas. (DANE, 2010), esta versión de la encuesta conserva el formato general utilizado en la versión 2005 (EDIT II). Esta encuesta no fue tomada en cuenta para el presente estudio ya que sus resultados solo fueron publicados después de iniciado el trabajo.

Dentro de los estudios realizados con base en las encuestas de innovación se encuentra el estudio de Robledo, Gómez & Restrepo, (2009) que plantea el análisis del desempeño innovador y empresarial de las empresas Colombianas a partir de un enfoque de capacidades de innovación tecnológica.

Como lo plantean Robledo, Gómez & Restrepo, (2009), las capacidades de innovación tecnológica son componentes estructurales de la organización productiva cuando se trata de explicar su comportamiento innovador, aunque es importante para el contexto empresarial manufacturero colombiano, generar procesos de aprendizaje organizacional que propicien la acumulación de estas capacidades con miras a mejorar el desempeño innovador.

El concepto de Capacidades de Innovación Tecnológica (CIT) se refiere a aquellas capacidades genéricas y específicas que posee la empresa para producir innovaciones como resultado de la gestión estratégica u operativa de la organización (Robledo, Gómez & Restrepo, 2009). En su trabajo, los citados autores identifican múltiples fuentes de capacidades organizacionales directamente asociadas con la innovación tecnológica, destacando: la capacidad de I+D, la capacidad de gestión de recursos, la capacidad de aprendizaje organizacional, la capacidad de planeación estratégica, la capacidad de mercadeo

y la capacidad organizacional. Ellos plantean que de acuerdo a lo encontrado en la literatura estas se definen así:

**Capacidad de I+D:** Yam et al (2004) definen esta capacidad como la habilidad de la firma para integrar la estrategia de I+D, la implementación de proyectos, la gestión de portafolios de proyectos y los gastos de I+D. Por su parte, Sher & Yang (2005) definen la capacidad de I+D como la suma de dos componentes asociados a los insumos que tradicionalmente ha definido el Manual de Frascati (OCDE, 2002): la intensidad de I+D y el personal de I+D. El primer componente (intensidad de I+D) está definido como la relación entre los gastos en I+D y el número total de empleados de la empresa; este es un componente frecuentemente correlacionado de manera positiva con las medidas de desempeño innovador de la empresa (i.e., Hitt, Hoskisson & Kim, 1997; Keizer, Dijkstra & Halman, 2002, citados por Sher & Yang, 2005). El segundo componente (personal de I+D) es medido como la relación entre el número de empleados dedicados de tiempo completo en actividades de I+D y el número total de empleados de la empresa.

**Capacidad de Gestión de Recursos:** Yam et al (2004) y Wang, Lu & Chen (2008) se refieren a esta capacidad como a la habilidad de la firma para adquirir y asignar apropiadamente capital, experiencia y tecnología a los procesos de innovación.

**Capacidad de Aprendizaje Organizacional:** Yam et al (2004) definen esta capacidad como la habilidad del establecimiento para identificar, asimilar y explotar el conocimiento proveniente del ambiente circundante. Desde otra óptica, DiBella et al (1996) la definen como la habilidad de mantener o mejorar el desempeño basado en la experiencia, haciendo referencia exclusivamente al learning-by-doing. Esta capacidad posibilita la adquisición de conocimiento implícito y explícito, el traspaso de conocimiento y el uso del conocimiento.

**Capacidad de Planeación Estratégica:** Yam et al (2004) se refieren a esta capacidad como la habilidad de la firma para identificar las fortalezas y debilidades internas, las amenazas y oportunidades externas, formular planes de acuerdo a la misión y visión corporativa y ajustar los planes para su implementación. Guan & Ma (2003) la definen como la capacidad de formular e implantar diferentes tipos de estrategias que se adapten a los cambios externos para sobresalir en los ambientes competitivos actuales.

**Capacidad de Producción:** Tanto Guan & Ma (2003) como Yam et al (2004) definen esta capacidad como la habilidad de la empresa para transformar los resultados de I+D en productos que satisfagan los requerimientos del mercado, integrando los requisitos del diseño y las limitaciones y posibilidades del sistema de manufactura disponible para la empresa.

**Capacidad de Mercadeo:** Según Yam et al (2004) y Guan & Ma (2003), esta capacidad representa la habilidad de la firma para publicitar y vender productos de acuerdo a la comprensión de las necesidades del mercado tanto presentes como futuras, el ambiente competitivo, los costos y beneficios y la aceptación de la innovación.

**Capacidad Organizacional:** Yam et al (2004) definen esta capacidad como la habilidad de la empresa para asegurar el mecanismo y la armonía organizacional, cultivando la cultura organizacional y adoptando buenas prácticas de gestión.

Este estudio concluye que con base en el enfoque de las capacidades de innovación aplicado al análisis de las encuestas de innovación en Colombia, se pueden identificar sectores específicos como el de fabricación de Otros Productos Químicos, respectivamente, es decir, aquellas industrias que se dedican principalmente a la producción de productos farmacéuticos y medicamentos, pinturas y barnices, productos biológicos a base de materias naturales y producidos sintéticamente, vitaminas y provitaminas, adhesivos, desinfectantes del hogar, desodorantes de tocador y tintas para imprenta y escribir, presentan el mayor liderazgo en desempeño innovador.

## 1.7 Conclusión del capítulo

En Colombia los estudios sobre la innovación en empresas usuarias de alta tecnología no se han desarrollado como tal, al igual que en otras partes del mundo solo se evidencian estudios relacionados con los sectores de alta tecnología enfocados en sostener su ventaja competitiva sobre este tipo de tecnologías.

Este trabajo propone utilizar las encuestas de innovación en Colombia en el análisis de la relación entre el uso de la alta tecnología e innovación en las empresas, tomando como base las empresas y sectores industriales de acuerdo al

código industrial internacional uniforme (CIIU), que usan la alta tecnología así no pertenezcan a un sector específico de la misma.

Surge entonces la pregunta que direcciona este trabajo, ¿el uso de alta tecnología por parte de las empresas, representa una posibilidad de innovación? Y ¿Cuáles de esas altas tecnologías son las que más representan innovación para las empresas? Hasta ahora, las respuestas en esta dirección no han sido buscadas directamente. En este trabajo se propone abordar este tema utilizando los datos de las Encuestas de Innovación Tecnológica y buscando evidencias empíricas generales con significancia estadística.

Se plantea como hipótesis que el uso de alta tecnología en las empresas y sectores Colombianos, tiene alguna relación con el desarrollo de la innovación, específicamente en tecnologías como tecnologías eléctricas, TIC y Biotecnología para mejorar la gestión de sus procesos de innovación en algún nivel.

## 2 DISEÑO METODOLOGICO

### 2.1 Justificación del estudio

El análisis que se plantea en este estudio se enfoca a estudiar las relaciones entre el uso de alta tecnología, en especial TIC y biotecnología, en empresas y sectores colombianos, a partir de los datos obtenidos a través de las Encuestas de Innovación y Desarrollo Tecnológico disponibles en la bodega de datos construida en la primera fase de un proyecto de investigación sobre la innovación en Colombia, realizado por el grupo de investigación en Innovación y Gestión tecnológica de la Facultad de Minas (Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín). De acuerdo con lo expuesto anteriormente, dicho análisis no se centrará únicamente en sectores de alta tecnología (según la definición de la OCDE que se describirá posteriormente), sino que tomará en cuenta a aquellas empresas que reporten la adquisición de tecnologías de avanzada para procesos tanto misionales como estratégicos y de apoyo (situación que se presenta especialmente con las TIC).

Se busca evidenciar relaciones entre el uso de alta tecnología y la innovación, mediante el análisis de la adquisición de este tipo de tecnologías considerado como una actividad del proceso innovador, según lo establece el Manual de Oslo (OCDE, 2005). Ello será posible a través del manejo de una cantidad amplia de datos procedentes de las Encuestas de Innovación y Desarrollo Tecnológico y en lo posible de otras fuentes, y del empleo de técnicas estadísticas que permitan revelar relaciones entre innovación y uso de alta tecnología.

Las técnicas de descubrimiento de conocimiento, por ejemplo, ofrecen un panorama de análisis muy completo a la hora de abordar este tipo de relaciones. El descubrimiento del conocimiento en bases de datos (siglas en inglés KDD) se define como “la extracción no trivial de información implícita, desconocida y potencialmente útil de los datos” (Wright, 1998) Por lo tanto el uso de estas técnicas posibilita la identificación de aquellas relaciones que no son evidentes entre alta tecnología e innovación y que constituyen el centro de este estudio.

Dichos análisis contribuirán a un mayor acercamiento al sector productivo nacional y al conocimiento de sus dinámicas, lo cual puede ser base de propuestas de mejoramiento y políticas para el impulso de la innovación en Colombia.

## 2.2 Metodología

Es habitual que el análisis de la información recopilada en trabajos de investigación, sea un proceso completamente manual (basado por lo general en técnicas estadísticas). Sin embargo, cuando la cantidad de datos de los que se dispone aumenta, la resolución manual del problema se hace intratable, por lo que es necesario utilizar el Data Mining o KDD (Agrawal & Shafer, 1997)

La disponibilidad de datos para este estudio es considerable ya que parte de una bodega de datos y una serie de encuestas de nivel nacional que referencia diferentes sectores de la industria Colombiana. Debido a esto el enfoque metodológico escogido para realizar este proyecto debe ser básicamente cuantitativo y por ello la necesidad de utilizar técnicas de descubrimiento de conocimiento en bases de datos y análisis estadísticos.

Es preciso resaltar que en los procesos de descubrimiento de nuevo conocimiento o KDD confluyen las disciplinas de la Inteligencia Artificial y de la Estadística, aliadas muy eficaces para robustecer el lenguaje convencional de consulta a bases de datos (Jiménez, Villa & Rico, 2009). Las técnicas estadísticas relacionadas con descubrimiento de conocimiento y minería de datos para el análisis de los datos deben permitir hacer clasificación, regresión, agrupamientos, identificar desviaciones y asociaciones o evoluciones en el tiempo de los datos seleccionados para el estudio. Según Agrawal & Shafer, (1997) las técnicas estadísticas son fundamentales a la hora de validar hipótesis y analizar datos, por lo cual la Estadística desempeña un papel muy importante en KDD. La Estadística proporciona herramientas para cuantificar adecuadamente la incertidumbre resultante de la inferencia de patrones a partir de datos particulares.

Los métodos estadísticos usan la regla del descubrimiento y se basan en las relaciones de los datos. *“El algoritmo de aprendizaje inductivo puede seleccionar automáticamente trayectorias útiles y atributos para construir las reglas de una base de datos con muchas relaciones”* (Hsu & Knoblock, 1996, citado en Wright, 1998 <en línea>) Este tipo de inducción es usado para generalizar los modelos en los datos y construir las reglas de los modelos nombrados (Wright, 1998).

En este capítulo se presenta el diseño del estudio de la relación entre el uso de alta tecnología e innovación en Colombia, tomando como base los hallazgos hechos en la revisión bibliográfica y como fuente las encuestas de innovación en el país. Las encuestas de innovación son una rica fuente de datos para abordar

estudios de innovación, entre ellos la relación entre alta tecnología e innovación, y en general, para hacer diferentes tipos de análisis de información que generen la posibilidad de aumentar el cuerpo de conocimientos acerca del proceso innovador en las empresas colombianas.

El estudio se diseñó en cuatro etapas:

Etapa I: Recolección de información.

Etapa II: Definición de variables.

Etapa III: Análisis de la información, mediante un método estadístico.

Etapa IV: Resultados y conclusiones del análisis de información.

### 2.3 Recolección de información

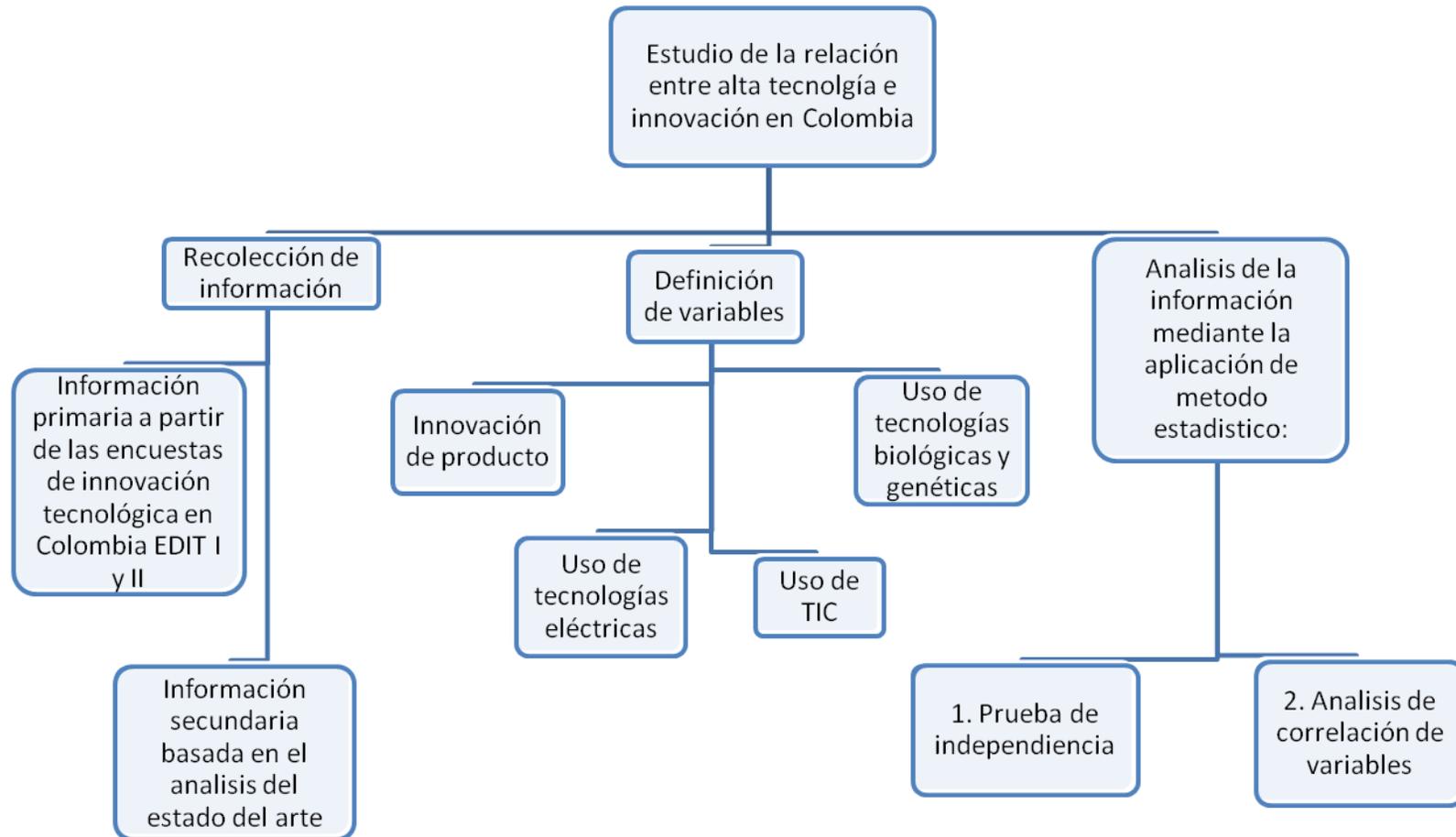
El estudio se realizó utilizando información de las encuestas de innovación tecnológica en Colombia como única fuente de datos, las características de estas encuestas se mencionaron en el capítulo anterior. Básicamente se tomaron los datos correspondientes a una serie de variables que se utilizaron en las encuestas y que permiten identificar el uso de alta tecnología en las empresas y la innovación de productos en las mismas.

Cabe anotar que algunos datos de las encuestas no se encuentran disponibles para el análisis, debido a la forma como fueron codificados, en la cual en particular solo es posible identificar, por ejemplo en la primera encuesta, el código CIU a tres dígitos, mientras que en la segunda encuesta no es posible identificarlo, por ello, se realizaron algunos procedimientos de manejo de datos como reducciones y dicotomizaciones que permiten estandarizar las muestras, los cuales se explicarán más adelante.

### 2.4 Definición de variables

El análisis de la revisión bibliográfica de este estudio solo permite concluir que es posible sugerir que las empresas de los sectores de alta tecnología presentan algún tipo de innovación que les genera posibilidades de obtener ventajas en el mercado. Romijn & Albu (S.F.) se centran en identificar el nivel de innovación de empresas de alta tecnología, mas no de empresas que aunque no estén clasificadas en este rango y utilicen alta tecnología sean innovadoras.

Cuadro 3: Diseño metodológico del estudio



Fuente: Elaboración propia

Como se pudo observar en el primer capítulo del trabajo, no se evidencian en ninguno de los estudios referenciados variables directas que midan la innovación con base en el uso de alta tecnología, la mayoría de ellos se centra en identificar innovación en las empresas. En el caso de Robledo, Gómez & Restrepo (2009), se utiliza el enfoque de capacidades de innovación para identificar el desempeño innovador de las empresas y se plantea cuáles son los sectores que resultaron tener mejor desempeño en este tema.

El enfoque de las capacidades de innovación conlleva el estudio de las organizaciones como tal y de sus fuentes de innovación. En cada una de ellas se encuentra presente el uso de tecnologías que le permitan a la organización desarrollar plenamente sus capacidades (Gómez *et al*, 2009), dentro de estas tecnologías se encuentra la posibilidad de uso de tecnologías de avanzada que maximicen los beneficios de la gestión en la organización. Por ende, la acumulación de Capacidades de Innovación Tecnológica (CIT) se convierte en un medidor del potencial innovador de las empresas. Robledo, *Gomez y Restrepo*. (2009) identifican la relación entre las capacidades de innovación tecnológica y el desempeño industrial y plantean cuáles capacidades están más relacionadas con el desempeño innovador.

Este estudio identificó al sector fabricación de sustancias y productos químicos (sector 24 de acuerdo con el Código Industrial Internacional Uniforme (CIIU) con un liderazgo significativo en la acumulación de capacidades de innovación tecnológica y en el desempeño innovador al mismo tiempo. De acuerdo con el resultado de la investigación de Robledo, Gomez y Restrepo. (2009), el presente estudio analizará en particular el uso de alta tecnología en el sector de fabricación de sustancias y productos químicos, por haberse identificado como el más innovador según el enfoque de CIT, de manera que se buscará establecer si el uso de altas tecnologías en este sector ha favorecido ese desempeño innovador.

En cuanto al uso de alta tecnología en las empresas colombianas, se pueden identificar algunas variables en las encuestas de innovación que hacen referencia al uso de este tipo de tecnologías. Específicamente se encuentran en cada una de las encuestas las siguientes preguntas que abordan el tema:

- En la primera encuesta de desarrollo e innovación tecnológica (EDIT I) no se relacionan variables directas que puedan justificar el uso de alta tecnología, sin embargo en el capítulo de Actividades Innovativas (excluyendo I+D y capacitación) hay preguntas relacionadas con la adquisición de tecnologías incorporadas y no incorporadas (códigos V505\_01 a V505\_07 y V508), en las que se puede evidenciar el uso de alta tecnología, principalmente en una pregunta que hace relación a la utilización de tecnologías eléctricas por parte de las empresas.

- En la segunda encuesta de innovación y desarrollo tecnológico EDIT II se encuentran dos variables directas que hacen referencia a la adquisición de tecnologías biológicas y genéticas y TIC ubicadas en el capítulo 1: Inversión en actividades de desarrollo tecnológico 2003 - 2004 (Numerales 1,5 y 1,6; que hace parte del numeral 1: tecnologías incorporadas al capital).

En los cuadros 4 y 5 se presentan las variables identificadas para el estudio de la relación entre el uso de alta tecnología e innovación en Colombia en cada una de las encuestas de innovación respectivamente.

Cuadro 4: Variables identificadas en la EDIT I

<b>Variable</b>	<b>Pregunta asociada en la EDITI</b>	<b>Escala</b>	<b>Código en la EDITI</b>
Innovación de producto en la empresa	Innovación de producto, nuevo para el establecimiento pero existe en el mercado nacional	1 = Si 2= No	IV403_01
Innovación de producto en el mercado	Innovación de producto, nuevo para el mercado nacional pero existe en el internacional	1 = Si 2= No	IV403_02
Innovación de producto en el mundo	Innovación de producto, nuevo para el mercado nacional e internacional	1 = Si 2= No	IV403_03
Uso de tecnologías eléctricas	Adquisición de tecnologías incorporadas con sistema de operación eléctrico	1 = Sistema de operación manual de la última maquinaria 2 = Sistema de operación mecánico de la última maquinaria 3 = Sistema de operación eléctrico de la última maquinaria	V511A_02

Fuente: Elaboración propia con base en la información de la EDIT I

Cuadro 5: Variables identificadas en la segunda encuesta

<b>Variable</b>	<b>Pregunta asociada en la EDITII</b>	<b>Escala</b>	<b>Código en la EDITII</b>
Innovación de producto en la empresa	Bien o servicio nuevo o mejorado significativamente para la empresa	1 = Obtenido 2 = En proceso 3 = No aplica	Capítulo III C2F1
Innovación de producto en el mercado	Bien o servicio nuevo o mejorado significativamente para el mercado nacional	1 = Obtenido 2 = En proceso 3 = No aplica	Capítulo III C3F1
Innovación de producto en el mundo	Bien o servicio nuevo o mejorado significativamente para el mercado internacional	1 = Obtenido 2 = En proceso 3 = No aplica	Capítulo III C4F1
Uso de tecnologías biológicas y genéticas	Adquisición de nuevas tecnologías biológicas y genéticas en el 2004	1 = si adquirió tecnologías biológicas y genéticas 2 = no adquirió tecnologías biológicas y genéticas	Capítulo I: C3F5
Uso de TIC	Adquisición de nuevas tecnologías de información y comunicaciones en el 2004	1 = si adquirió tecnologías de información y comunicaciones 2 = no adquirió tecnologías de información y comunicaciones	Capítulo I: C3F6

Fuente: Elaboración propia con base en las EDIT I y II

Como las variables identificadas corresponden a variables cualitativas nominales se procederá a analizar su correlación a través de tablas de contingencia, tal y como lo plantean Vicens & Medina (2005, <en línea>):

*“Para analizar la relación de dependencia o independencia entre dos variables cualitativas nominales o factores, es necesario estudiar su distribución conjunta o tabla de contingencia”*

Para el análisis de los datos de las encuestas de innovación se utilizarán métodos estadísticos que establezcan la correlación entre las variables, en el caso de la EDIT II el uso de tecnologías biológicas y genéticas y uso de TIC con la innovación de producto en la empresa. En la primera encuesta de innovación se analiza la correlación del uso de tecnologías eléctricas con la innovación en la organización.

En el cuadro 6 se muestran las correlaciones de variables que se estudiaron en el presente trabajo.

Cuadro 6: Correlaciones estudiadas

Correlación	Variable	Tipo de variable	Escala	Observaciones
<b>Primera encuesta de innovación</b>				
1	Innovación de producto	Nominal Dicotómica	1 = Si 2 = No	Se realizó proceso de reducción de variables: IV403_01, IV403_02 y IV403_03
	Uso de tecnologías eléctricas	Nominal Dicotómica	1 = Usa 2 = No usa	Se realizó proceso de dicotomización de la variable: V511A_02
<b>Segunda encuesta de innovación</b>				
2	Innovación de producto	Nominal Dicotómica	1 = Obtenido 2 = No aplica	Se realizó proceso de reducción de variables: Capítulo III, C2F1, C3F1 y C4F1 y se ajusto a dicotómica.
	Uso de TIC	Nominal Dicotómica	1 = Adquirió 2 = No adquirió	
3	Innovación de producto	Nominal Dicotómica	1 = Obtenido 2 = No aplica	Se realizó proceso de reducción de variables: Capítulo III, C2F1, C3F1 y C4F1 y se ajusto a dicotómica.
	Uso de tecnologías biológicas y	Nominal Dicotómica	1 = Adquirió 2 = No	

	genéticas		adquirió	
--	-----------	--	----------	--

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro 6, las variables establecidas se encuentran en la misma escala de medición, por ende, se utilizó un coeficiente de correlación que verifique la intensidad de la relación entre estas variables dicotómicas. Cabe mencionar que la variable innovación de producto en la segunda encuesta de innovación es originalmente politómica<sup>1</sup>, pero debido a que no se presenta ninguna respuesta con innovaciones de proceso, en el presente trabajo se tomó como dicotómica.

## 2.5 Observaciones generales acerca de las variables

De acuerdo con Robledo, Gomez y Restrepo. (2009), es necesario presentar diferentes supuestos y recomendaciones sobre la utilización de los datos de las EDIT para la construcción y evaluación de metodologías de análisis de la información. En este estudio fue necesario llevar a cabo dos procesos de adecuación de los datos para poder realizar en análisis estadístico, la reducción y dicotomización de algunas variables.

### 2.5.1 Reducción de variables

Como plantea Peña (2002), citado por (Tommasi, 2006) con frecuencia en la investigación experimental se identifica gran cantidad de variables, que podrían ser demasiadas para construir un modelo estadístico suficientemente simple y evitar problemas derivados de la posible correlación entre diversos grupos de variables. Esto significa que se están utilizando variables redundantes o que un grupo de ellas (muy correlacionadas entre sí) podría sustituirse por una nueva variable que resume la característica representada por ellas.

En las encuestas de innovación se presenta esta situación debido a que estas son muy específicas a la hora de identificar los procesos de innovación en las empresas. por ejemplo, en el análisis de la innovación de producto se utiliza una pregunta para cada tipo de innovación de acuerdo con el concepto de novedad que plantea el manual de Oslo (OCDE, 2005), es decir, innovaciones nuevas para la empresa, el mercado o el mundo entero. Por esta razón y debido a que el interés de este trabajo está centrado en la existencia de

---

<sup>1</sup> La variable puede tomar tres o más valores posibles, los cuales pueden ser ordenados siguiendo un criterio establecido por una Escala Ordinal, la cual se caracteriza porque no es preciso que el intervalo entre mediciones consecutivas sea uniforme. (Martinez y Rodriguez, 2002, <en línea>)

innovación y no en el análisis del alcance de la misma, se procedió a reducir las tres variables de clasificación de los tipos de novedades de innovación de productos en las EDIT en una sola variable que permita identificar si se ha hecho o no innovación en cada empresa encuestada.

Específicamente el proceso de reducción consistió en tomar los datos arrojados por la primera EDIT e identificar en cada una de las respuestas si existía algún tipo de innovación de producto en la empresa, con lo que se logró reducir las tres variables de novedad a una sola variable. Así, si la empresa realizó al menos una innovación de producto ya sea en el mercado nacional, en el internacional o en ambos, se identificó como 1 y si no realizó ninguna innovación de producto se identificó como 2.

En la segunda EDIT se puede identificar en las preguntas que hacen relación a la innovación si la empresa tiene procesos de innovación de producto en marcha, por tanto, la reducción se hizo de igual forma que en los datos de la primera encuesta, pero se complementó agregando una categoría a la clasificación así: categoría 1, si se han obtenido innovaciones de producto, 2 si están en proceso, es decir, hay una innovación en marcha y 3 si no aplica.

#### 2.5.2 Dicotomización de variables

En los datos recogidos en la primera encuesta de innovación tecnológica solo se identificó una pregunta que hace relación a la utilización de alta tecnología: el uso de tecnologías eléctricas por parte de la empresa. Esta pregunta establece si la empresa adquirió tecnologías con sistemas de operación manual, mecánica o eléctrica en su última tecnología. El interés de este trabajo es analizar la alta tecnología, por ello solo se retomó el uso de tecnologías eléctricas, que para la época de aplicación de la encuesta representaba el uso de alta tecnología.

Como la variable en cuestión es cualitativa de tipo politómica, el proceso de dicotomización consistió solo en reclasificarla así: 1 si la empresa adquirió tecnologías con sistemas de operación eléctricos y 2, si la empresa utilizó otro tipo de sistemas de operación en su última tecnología adquirida.

#### 2.6 Método estadístico

Según Canavos, (1988, p.370) *“cuando es necesario determinar si existe una relación entre dos rasgos diferentes en los que se ha clasificado una población y cada rasgo se encuentra dividido en categorías donde por lo menos dos son exhaustivas y mutuamente excluyentes, se utilizan tablas de contingencia con dos criterios de clasificación”*

Para este trabajo se plantea un análisis estadístico de datos cualitativos en el cual, es necesario estudiar la tabla de contingencia, la cual es una tabla de doble entrada, donde en cada casilla figurará el número de casos que poseen uno u otro nivel de los factores o características analizadas, tal y como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7: Tabla de contingencia

	1	2	Marginal
1	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_1$
2	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_2$
Marginal	$n_1$	$n_2$	N

Donde,

$n_{ij}$ : numero de observaciones que tienen el atributo i y j

$n_i$ : numero de observaciones que tienen el atributo i

$n_j$ : numero de observaciones que tienen el atributo j

Fuente: Elaboración propia

La prueba chi-cuadrada en el análisis de una tabla de este tipo, supone que las dos clasificaciones son independientes, esto es, bajo la hipótesis nula de independencia se busca identificar si existe una diferencia suficiente entre las frecuencias que se observan y las que se esperan, tal que la hipótesis nula se rechace. (Canavos, 1988, p. 371)

Con base en la tabla de contingencia se procede entonces a confirmar si existe una relación de dependencia entre las variables cualitativas mediante el cálculo del estadístico  $\chi^2$  (Chi- Cuadrado). en este estudio se está tratando de determinar si dos cualidades o variables referidas a empresas de una misma población están relacionadas y no de comparar la distribución de una de las variables en dos poblaciones diferentes. Por tanto, de acuerdo con Monge & Perez, (S.F) se aplica una prueba de independencia chi cuadrado y no una prueba de homogeneidad, que consiste en determinar si los datos correspondientes a dos o más muestras aleatorias provienen de la misma población.

Según Molinero, (2004) las pruebas de significación del chi cuadrado permiten contrastar si es razonable pensar que la relación observada entre las variables puede ser simplemente atribuida al azar. En el nivel de significación influye,

como en cualquier otra prueba estadística, no solo la importancia o magnitud de la asociación, sino también el tamaño de la muestra y en ocasiones otros parámetros. Es posible obtener un resultado estadísticamente significativo con una débil asociación, si el tamaño de muestra es suficientemente grande, y viceversa, si la muestra es pequeña una asociación importante puede no llegar a ser estadísticamente significativa, pues de acuerdo a Levin & Rubin, (1996) una de las precauciones que se debe tener al usar la prueba chi cuadrado es que se debe tener un tamaño de muestra suficientemente grande para garantizar la similitud entre la distribución teórica correcta y la estadística chi cuadrado.

Esto es algo que es de dominio común, y es universalmente aceptado en cualquier otra prueba estadística que nunca se debe presentar únicamente un valor de P, sino que este debe acompañar a algún parámetro que exprese la magnitud del resultado, o mejor aún un intervalo de confianza para el efecto observado. Por ende finalmente se procederá a determinar el nivel de correlación o intensidad de la asociación entre las variables. Para expresar cuantitativamente el grado en que dos variables están relacionadas, es necesario calcular un coeficiente de correlación. Existen muchos tipos de coeficiente de correlación, la decisión de cuál se ha de emplear para un conjunto específico de datos depende de factores tales como (Torres & Mejias, 2005): (1) el tipo de escala de medida en que cada variable está expresada (nominal, ordinal, intervalo o razones); (2) la naturaleza de la distribución (continua o discreta); (3) la característica de la correlación (lineal o no lineal).

De acuerdo con las características observadas en los datos y el tipo de variables que se definieron, se utilizarán dos medidores de correlación, el coeficiente de correlación PHI y el coeficiente de correlación V de Cramer. Estos dos coeficientes miden la intensidad en la asociación entre dos variables cualitativas, es decir el nivel de influencia que hay entre ellas, lo cual permitirá identificar si las variables que se utilizan en el ejercicio son lo suficientemente intensas para concluir que el uso de alta tecnología en las empresas encuestadas en las EDIT I y II, puede traer como consecuencia la innovación de producto en las mismas.

Según Torres & Mejias (2005) el coeficiente de correlación PHI se utiliza cuando es necesario identificar la intensidad de la relación entre dos variables dicotómicas, el símbolo asignado es  $\Phi$ . El coeficiente fluctúa entre cero y uno. Según se acerca a cero, más baja es la asociación entre las variables. Si es cero las variables no están afectadas o relacionadas entre sí, estableciendo que las variables serían independientes. Si el coeficiente es igual a uno lo que se puede sugerir es que las dos variables están relacionadas o asociadas, es decir, las variables son dependientes.

Si una de las variables tiene más de dos categorías, no sería posible desarrollar el coeficiente de correlación de PHI ( $\Phi$ ), no obstante, el coeficiente de correlación V de Cramer puede sustituir el coeficiente de correlación de PHI ( $\Phi$ ), cuando se tenga un cruce de variables que genere una tabla mayor de 2 x 2 y por lo menos una de las variables está bajo la escala nominal.

Como ya se ha mencionado, con este trabajo se busca establecer si existe una relación entre el uso de alta tecnología y la innovación en sectores productivos, por lo cual solo se utilizó un estadístico de prueba como el chi-cuadrado, que según autores como Canavos (1988), permite determinar si existe o no una relación de dependencia entre dos o más variables. Este análisis se complementó con un medidor de correlación que identifique la intensidad de la relación, como el método de coeficiente de correlación PHI y el coeficiente de correlación V de Cramer, sugerido por autores como Torres & Mejias (2005) para tal fin.

Considerando que este trabajo no se orienta a determinar la influencia de múltiples variables en la innovación, no se utilizaron métodos estadísticos multivariantes los cuales tienen el objetivo de analizar simultáneamente conjuntos de variables y, como lo señala Rencher (2002), tienden esencialmente a generar hipótesis en lugar de ponerlas a prueba; este autor cita como ejemplo, métodos de escalamiento óptimo como los modelos de correspondencias simples y múltiples que son métodos gráficos, los cuales se enfocan en mostrar la interacción entre las variables de una tabla de contingencia y para probar la asociación también utilizan pruebas como la Chi-cuadrado.

### 2.6.1 Cálculo del coeficiente de correlación PHI

Según Torres & Mejias, (2005) el coeficiente de correlación PHI ( $\Phi$ ), se calcula utilizando la siguiente fórmula, que varía dependiendo si los totales de las líneas y columnas en la tabla de contingencias son iguales o no:

- Si los totales de las líneas y columnas en la tabla de contingencias son iguales:

$$\Phi = \frac{(AD - BC)}{\sqrt{(A + C)(B + D)(C + D)(A + B)}}$$

- Si los totales de las líneas y columnas en la tabla de contingencias no son iguales:

$$\Phi = \frac{(AD - BC) - \frac{1}{2}n}{\sqrt{(A + C)(B + D)(C + D)(A + B)}}$$

donde,

*AD = La multiplicación del valor o frecuencia observada en la celda A por el valor o frecuencia observada en la celda D*

*BC = La multiplicación del valor o frecuencia observada en la celda B por el valor o frecuencia observada en la celda C.*

*IAD – BCI = Valor absoluto de AD menos BC. El valor absoluto implica que si el resultado de la resta diera negativo se debe cambiar a positivo.*

*A+B = La suma de los valores o frecuencias observadas de las celdas A y B.*

*C+D = La suma de los valores o frecuencias observadas de las celdas C y D.*

*A+C = La suma de los valores o frecuencias observadas de las celdas A y C.*

*B+D = La suma de los valores o frecuencias observadas de las celdas B y D.*

*n = Es el total de casos o frecuencias.*

## 2.6.2 Cálculo del coeficiente de correlación V de Cramer

El coeficiente de correlación V de Cramer se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$v = \sqrt{\frac{\chi^2}{n(k-1)}}$$

donde,

*$\chi^2$  = Chi cuadrado*

*k = número de líneas o columnas; lo que sea menor*

*n = Es el total de casos o frecuencias*

## 2.7 Conclusión del capítulo

La utilización de pruebas estadísticas para el análisis de datos tiene por objeto encontrar relaciones explicables por la estadística entre datos obtenidos en una población de estudio, en el caso de este análisis, la aplicación de estas pruebas estadísticas están orientadas a encontrar alguna explicación estadística que dé indicios sobre la importancia de la utilización de alta tecnología para las empresas que son innovadoras.

Para identificar esta relación, en primer lugar se comprobará una relación de dependencia entre las variables analizadas y luego se utilizarán métodos de correlación de variables estadísticas que permitan identificar grados de asociación entre estas. Los coeficientes de correlación Phi y V de Cramer permitirán identificar esa asociación entre las variables, ya que estos indican la tendencia observada en la asociación entre las dos modalidades de cada variable. Así, un coeficiente de correlación Phi o V de Cramer bajo, mostraría una baja asociación entre usar alta tecnología e innovar en la empresa.

La aplicación de estas técnicas estadísticas permite identificar dependencias existentes entre las variables de innovación y adquisición de alta tecnología en Colombia. Según Agrawal & Shafer, (1996) el análisis en el que se determinan relaciones existentes entre elementos de una base de datos, podría tomarse como un caso particular de modelado de dependencias, que es considerado como uno de los principales objetivos de las técnicas de descubrimiento de conocimiento.

### 3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

Después de obtener las variables objeto de estudio, estas se sometieron a un análisis de tablas de contingencia y medidas de asociación que permitió conocer si hay relación y en qué grado. Aquí se pondrá a prueba la hipótesis de que el uso de alta tecnología está relacionado con la innovación mediante el rigor del análisis estadístico. En primer lugar se utilizó una prueba de independencia chi cuadrado para validar si hay dependencia entre las variables y en segundo lugar se utilizó el coeficiente de correlación Phi, que permite medir la intensidad de la relación entre las dos variables y así identificar el peso que tiene el uso de alta tecnología en las empresas para tener innovaciones de producto.

#### 3.1 Prueba de Independencia Chi Cuadrado

El estadístico de prueba chi cuadrado permitirá analizar si existe dependencia entre las variables a analizar (alta tecnología e innovación), cabe notar que este estadístico busca analizar la dependencia entre las variables aplicando un estadístico de contraste y no convertirse en una prueba de homogeneidad que solo buscaría identificar si una variable tiene la misma distribución de probabilidad.

##### 3.1.1 Correlación 1: Uso de tecnologías eléctricas e innovación en la primera encuesta de innovación

En el análisis de correlación se contó con una muestra de 883 empresas de las 885 que se utilizaron en la EDIT I, debido a que dos de ellas presentaban resultados nulos en la consulta efectuada a la bodega de datos . Estas empresas están clasificadas según el sector de actividad CIIU en 28 categorías, donde los sectores de mayor peso son los de Maquinaria y Productos Metálicos tal y como se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8: Sectores Industriales analizados según código CIIU

<b>CIIU</b>	<b>Nombre</b>	<b>Emp.</b>	<b>CIIU</b>	<b>Nombre</b>	<b>Emp.</b>
311	Fabricación de productos alimenticios, excepto bebidas.	50	354	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	7
312	Fabricación de productos alimenticios, excepto bebidas.	11	355	Fabricación de productos de caucho	20
313	Industrias de bebidas	28	356	Fabricación de productos plásticos	55

321	Fabricación de textiles	45	361	Fabricación de objetos de loza y porcelana	7
322	Fabricación de prendas de vestir.	37	362	Fabricación y productos de vidrio	20
323	Industrias del cuero y productos del cuero	14	369	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	49
324	Fabricación de calzado y sus partes	26	371	Industrias básicas de hierro y acero	22
331	Industria de la madera y sus productos	17	372	Industrias básicas de metales no ferrosos	16
332	Fabricación de muebles y accesorios	23	381	Fabricación de productos metálicos	57
341	Fabricación de papel y productos de papel	36	382	Construcción de maquinaria.	61
342	Imprentas, editoriales e industrias conexas.	40	383	Fabricación de maquinaria, accesorios y suministros eléctricos	43
351	Fabricación de sustancias químicas industriales básicas	40	384	Construcción de equipo y material de transporte	40
352	Fabricación de otros productos químicos	52	385	Fabricación de material profesional y científico	19
353	Refinerías de petróleo	2	390	Otras industrias manufactureras	25

Fuente: Elaboración propia a partir de CIIU<sup>2</sup> y datos de la EDIT I

Las variables consideradas en esta primera correlación fueron “la innovación de producto” y “el uso de tecnologías eléctricas”. Se realizó una prueba de hipótesis para determinar si hay o no relación entre las variables.

$H_0$ : Las variables son independientes

$H_1$ : Las variables son dependientes

$\alpha = 0.05$

La elaboración de las tablas de contingencia y en general, todo el análisis estadístico se hizo utilizando el programa Excel, en la cual es posible ordenar y procesar los datos de acuerdo con lo indicado en el capítulo de metodología de este trabajo.

<sup>2</sup> CIIU a tres dígitos (OCYT, s.f.)

Cuadro 9: Tabla de contingencia correlación 1

**Valores Observados**

Innovación de Producto	Uso de Tecnologías Eléctricas		Total
	Usa	No Usa	
SI	241	243	<b>484</b>
NO	92	310	<b>402</b>
<b>Total</b>	<b>333</b>	<b>553</b>	<b>886</b>

**Valores Esperados**

Innovación de Producto	Uso de Tecnologías Eléctricas		Total
	Usa	No Usa	
SI	181,9	302,1	<b>484,0</b>
NO	151,1	250,9	<b>402,0</b>
<b>Total</b>	<b>333,0</b>	<b>553,0</b>	<b>886,0</b>

Fuente: elaboración propia

El estadístico de prueba para el supuesto de independencia de las variables en este caso corresponde a

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \sim X^2_{(r-1)(k-1)}$$

Donde  $O_{ij}$  representa la frecuencia observada entre la i-esima fila y la j-esima columna.  $E_{ij}$ , representa la frecuencia esperada entre la i-esima fila y la j-esima columna.  $r$  corresponde al número de filas y  $k$  al número de columnas.

De esta forma debe rechazarse la hipótesis nula cuando  $X^2 > X^2_{(r-1)(k-1)}$  o cuando el Valor p de la prueba supere el nivel de significancia.

Para la relación dada el  $X^2$  obtenido fue de 67.77 lo que en comparación con el  $X^2_{0.95,(r-1)(k-1)}$  que es de 3.84 debe rechazarse la hipótesis nula y concluir que las variables son dependientes, con lo cual puede afirmarse que el uso de tecnologías eléctricas incide en la innovación de producto.

Si se observan los datos detalladamente, más del 70% de las empresas que usan tecnologías eléctricas han obtenido innovaciones en el periodo de tiempo analizado por las encuestas de innovación y desarrollo tecnológico, además el análisis estadístico de independencia muestra una clara relación entre las dos

variables. Más adelante se analizará la intensidad de la relación entre estas dos variables para poder determinar en qué medida el uso de este tipo de tecnologías le generó a la empresa la posibilidad de tener innovaciones de producto.

### 3.1.2 Correlación 2: Uso de TIC e innovación en la segunda encuesta

Para este análisis se utilizó una base de datos de 5.222 empresas de las 6.223 encuestadas en la segunda encuesta de innovación, debido a que las demás no contaban con información acerca de procesos de innovación.

Esta prueba estadística se realizó entre las variables de “innovación de producto” y “uso de las TIC” en las empresas de la muestra. Para confirmar la existencia de la relación se realiza una prueba de independencia chi cuadrado de la siguiente forma:

$H_0$ : Hay independencia entre el uso de TIC e innovación de producto

$H_1$ : Hay dependencia entre las variables analizadas

$\alpha = 0.05$

En el cuadro 10 se ilustran las frecuencias observadas y esperadas en la tabla de contingencia calculada en la hoja de cálculo de Excel:

Cuadro 10: Tabla de contingencia correlación 2

#### Valores Observados

Innovación de producto	Uso de TIC		Total general
	SI	NO	
Obtenida	261	470	731
No aplica	1420	3071	4491
<b>Total general</b>	1681	3541	5222

#### Valores Esperados

Innovación de producto	Uso de TIC		Total general
	SI	NO	
Obtenida	235.3142	495.69	731
No aplica	1445.686	3045.3	4491
<b>Total general</b>	1681	3541	5222

Fuente: elaboración propia

A partir de esta distribución de frecuencias se calcula el  $\chi^2$  que fue de 4.80 en comparación con el  $\chi^2_{0.95,(r-1)(k-1)}$  que es de 3.84. A partir de ahí, puede concluirse que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, con lo cual se demuestra que hay dependencia entre el uso de las TIC y la innovación de producto.

En una de las investigaciones referidas en el capítulo 1 (Young, Francis & Young, 1993) se reportaban innovaciones en las empresas que utilizan TIC dentro de sus procesos y otros trabajos (Romijn & Albu, 2002; (Boymal *et al.*, 2007; O'Reagan & Sims, 2008) señalan que en empresas que pertenecen a este sector (TIC), es decir, empresas de alta tecnología, se presentan grandes avances en innovación.

### 3.1.3 Correlación 3: Uso de tecnologías biológicas e innovación en la segunda encuesta de innovación

En esta prueba se busca confirmar la existencia de una relación de dependencia entre la innovación de producto y el uso de tecnologías biológicas y genéticas. Se realiza entonces la prueba de hipótesis correspondiente:

$H_0$ : Hay independencia entre el uso de tecnologías biológicas e innovación

$H_1$ : Hay dependencia entre las variables analizadas

$\alpha = 0.05$

A continuación se ilustran las frecuencias observadas y esperadas en la tabla de contingencia:

Cuadro 11: Tabla de contingencia correlación 3

#### Valores Observados

Innovación de producto	Uso de tecnologías biológicas y génicas		Total general
	SI	NO	
Obtenida	2	729	731
No aplica	11	4480	4491
<b>Total general</b>	13	5209	5222

### Valores Esperados

Innovación de producto	Uso de tecnologías biológicas y génicas		Total general
	SI	No	
Obtenida	1.8198	729.18	731
No aplica	11.18	4479.8	4491
<b>Total general</b>	13	5209	5222

Fuente: Elaboración propia

Estas frecuencias confirman, entre otras cosas, que la adquisición de la tecnología biológica por parte de las empresas de la muestra es poco frecuente. Entonces, se calcula el  $\chi^2$  obteniendo 0.028 lo que en comparación con el  $\chi^2_{0.95,(r-1)(k-1)}$  que es de 3.84, indica que no hay evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula de independencia de los datos. Debido a que en los valores esperados se encuentran valores demasiado pequeños se procedió a hacer una corrección de Yates, con la cual se busca dar mayor precisión al cálculo del chi cuadrado.

La corrección de Yates se utiliza “debido a que la distribución chi-cuadrado es continua, mientras el estadístico utilizado es discreto y se aplica a las celdas con una frecuencia esperada menor a 10 o en todas las celdas de una tabla de contingencia con dos renglones y dos columnas” (Triola, 2009, pg. 621). Se reemplaza entonces:

$$\sum \frac{(O - E)^2}{E} \text{ con } \sum \frac{(|O - E| - 0,5)^2}{E}$$

Donde,

$O$  = Frecuencia observada

$E$  = Frecuencia esperada

Después de hacer la corrección de Yates se encuentra que el  $\chi^2$  (corregido) es de 0.0982 lo que en comparación con el  $\chi^2_{0.95,(r-1)(k-1)}$  que es de 3.84, confirma que no puede rechazarse la hipótesis nula de independencia. Con este resultado se puede concluir que el uso de tecnologías biológicas no tiene relación con la innovación para aquellas empresas en las que se utilizan.

En todo caso, si se observan las frecuencias en la utilización de este tipo de tecnologías, se puede encontrar que son muy pocas las empresas que las utilizan, con lo cual se podría concluir que el uso de este tipo de tecnologías aún no le brinda ventajas a las empresas o que las empresas de la muestra no se encuentran ubicadas en sectores de biotecnologías, tal y como sucedió en

los casos analizados en el capítulo 1 de este estudio (Romijn & Albu, 2002; Castellanos et al, 2003; O'Reagan & Sims, 2008) donde se concluye que las empresas de sectores biotecnológicos tienden a ser innovadoras por el mero hecho de pertenecer a un sector de alta tecnología.

### 3.2 Cálculo del Coeficiente de Correlación PHI.

El uso del coeficiente de correlación PHI permitirá encontrar la intensidad en la relación entre cada una de las variables con la innovación, después de haber aceptado que son dependientes a través del uso del estadístico de prueba chi-cuadrado. Con ello se conoce si el uso de altas tecnologías tiene una relación intensa con la innovación de estas organizaciones.

#### 3.2.1 Cálculo de coeficiente Phi para la correlación entre uso de tecnologías eléctricas e innovación en la EDIT I.

Según la prueba de hipótesis analizada se concluyó que existe evidencia para creer que hay una relación entre la innovación de producto y el uso de tecnologías eléctricas. Sin embargo, al construir el coeficiente de correlación PHI entre estas dos variables se obtienen los siguientes resultados:

$$\phi_{Obtenido} = 0,2742 \quad \phi_{Máximo} = 0,7048 \quad \phi_{Corregido} = 0,3890$$

Lo anterior significa que, si bien hay una relación entre las variables definidas, esta es una correlación moderada. Sin embargo, si se analiza por separado este indicador en cada una de las actividades industriales disponibles, se pueden encontrar diferencias significativas.

En primer lugar, algunos de los sectores analizados poseen una relación negativa entre las variables, como el de plásticos (-0,03), muebles (-0,14) y Alimentos (-1) con lo que la inversión y uso de tecnologías eléctricas en estos sectores no produce resultados en términos de la innovación de producto. Por otro lado, dentro de los sectores con correlación positiva más fuerte se cuentan Metales no Ferrosos (1), Calzado (1), Madera (1) y Caucho (0,71), siendo entonces para estos sectores mucho más benéfica la inversión en este tipo de tecnologías dado que la relación con la innovación es mucho más fuerte y productiva.

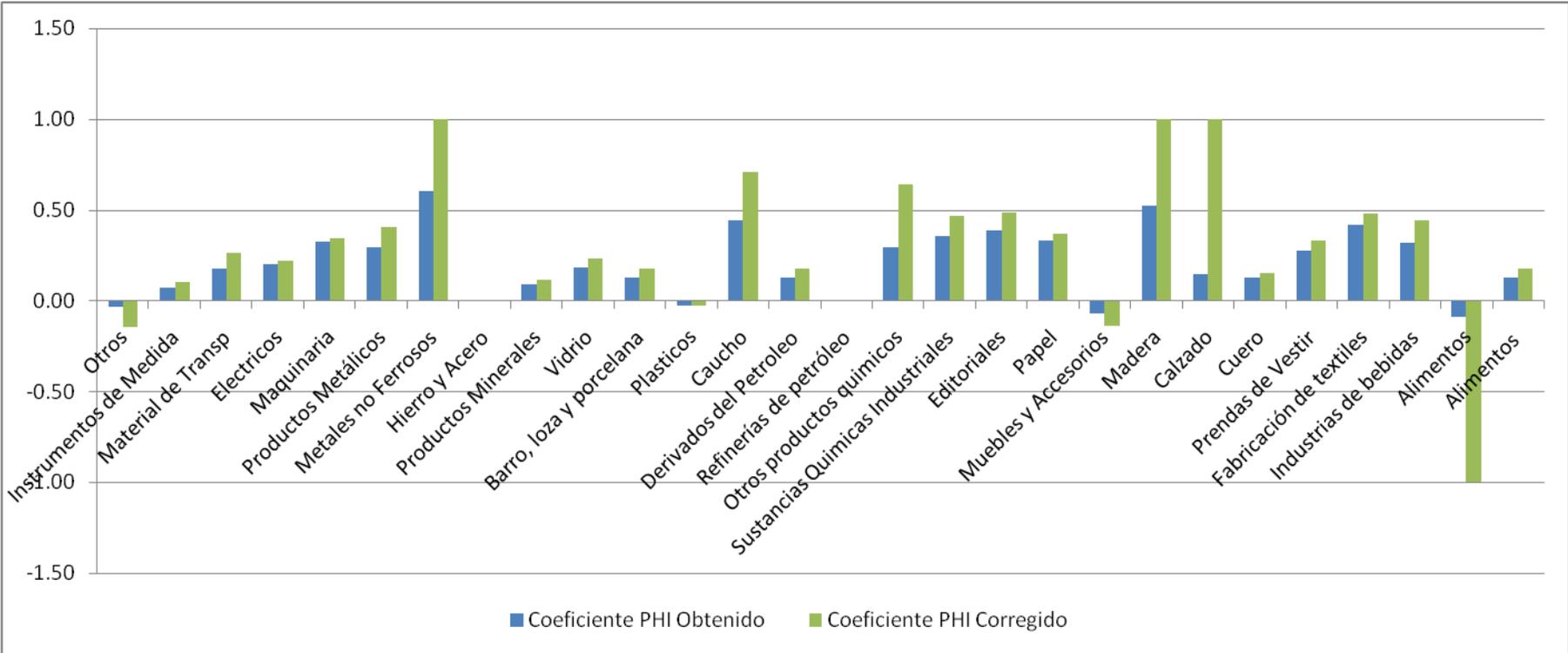
En los sectores de alimentos y muebles es comprensible la baja intensidad de la asociación entre las dos variables, pues son sectores en los que la mano de obra juega un papel más importante que la utilización de alta tecnología, mientras que en el sector de plásticos pareciera ser mucho más importante la adquisición de alta tecnología para obtener un buen proceso productivo que de como resultado la innovación.

De acuerdo con los datos arrojados por la EDIT I, solo el 40% de las empresas del sector de plásticos adquirió tecnologías eléctricas en el periodo de la encuesta, mientras que el 64% de las empresas son innovadoras, calculando el producto de estas dos probabilidades se podría decir que solo el 25% de las empresas que usan alta tecnología tienen tendencia a ser innovadoras.

Los sectores que obtuvieron una relación más intensa como el de madera y calzado son sectores en los cuales la utilización de alta tecnología favorece la innovación, debido a que son sectores intensivos en mano de obra y tener tecnología de punta les permite generar ventajas competitivas en el proceso productivo que las otras empresas no poseen.

En términos generales, de los 28 sectores analizados, 10 de ellos tienen un coeficiente de correlación superior mientras que los demás poseen relaciones más débiles y negativas inclusive, como se muestra en el cuadro 12. Esto indica que el uso de la tecnología eléctrica trae moderados beneficios en cuanto a innovación se refiere, hay que tener en cuenta que este tipo de tecnología hoy en día no se considera como alta tecnología pero en el periodo de desarrollo de la primera EDIT se constituía como una ventaja para las empresas que la tenían.

Cuadro 12: Coeficiente PHI por sectores.



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la EDIT I.

### 3.2.2 Coeficiente Phi para la correlación entre uso de tecnologías eléctricas e innovación en el sector fabricación de sustancias y productos químicos (sector 24 Código CIIU).

En una de las investigaciones referidas en los capítulos I y II (Robledo, Gomez y Restrepo, 2009) el sector de fabricación de sustancias y productos químicos obtuvo el mejor desempeño innovador de todos los sectores analizados con relación a la primera EDIT, por ende en este trabajo se analizó particularmente este sector con el objetivo de identificar si el uso de alta tecnología ha favorecido la innovación.

Según la prueba de hipótesis analizada se concluyó que existe evidencia para creer que hay una relación entre la innovación de producto y el uso de tecnologías eléctricas. Sin embargo, al construir el coeficiente de correlación PHI entre estas dos variables para este sector se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro 13: Coeficiente PHI sector fabricación de sustancias y productos químicos

CIIU	Sector	$\varphi_{obtenido}$	$\varphi_{máximo}$	$\varphi_{corregido}$
351	Fabricación de sustancias químicas industriales	0,357	0,765	0,466
352	Fabricación de otros productos químicos	0,296	0,463	0,639

Fuente: Elaboración propia.

El sector de fabricación de sustancias y productos químicos que en el estudio de Robledo, Gomez y Restrepo. (2009) se identificó como uno de los sectores con mejor desempeño innovador y en la primera EDIT el 70% de las empresas reportaron innovaciones de producto, presenta una moderada asociación entre el uso de tecnologías eléctricas y la innovación, de acuerdo con el resultado del coeficiente PHI

Esa asociación sugiere que para este tipo de empresas que tienen un buen desempeño innovador en el país, el uso de tecnologías eléctricas representa uno de los factores adicionales que les permite llevar a cabo esos procesos de innovación. También hay que tomar en cuenta que solo el 40% de estas empresas reportaron la adquisición de tecnologías eléctricas en la EDIT I, característica que es entendible en este sector pues los aparatos eléctricos pueden no constituir la maquinaria de trabajo más importante para este negocio. Otra explicación es que simplemente para los años de aplicación de la prueba, el inventario de aparatos eléctricos de estas empresas ya estaba

constituido, lo cual evidencia una de las limitaciones de los datos de las EDIT en el uso de altas tecnologías y es que solo se toman en cuenta las tecnologías adquiridas en el periodo de análisis y no es posible identificar el inventario tecnológico de la empresa.

### 3.2.3 Cálculo de coeficiente Phi para la correlación entre el uso de TIC y la innovación en la segunda EDIT.

Para la relación entre el uso de TIC y la innovación de producto, se usó el mismo coeficiente de correlación PHI, dado que la variable de Innovación se clasificó como dicotómica según los datos de la segunda EDIT. Para estas dos variables, la relación es mucho más débil con un coeficiente PHI de 0,05086.

$$\varnothing_{Obtenido} = 0,02975 \quad \varnothing_{Máximo} = 0,58496 \quad \varnothing_{Corregido} = 0,05086$$

Este coeficiente muestra que la intensidad de la relación entre el uso de TIC y la innovación de producto es baja, es decir, el que una empresa utilice TIC puede traer ventajas para la innovación pero no necesariamente se convertirá en un factor determinante en el proceso de innovación de productos.

Desafortunadamente en los datos obtenidos de la bodega de datos del grupo de investigación en Gestión Tecnológica e Innovación de la Facultad de Minas, Universidad Nacional, en relación a la segunda encuesta de innovación no permiten identificar el código CIIU de las empresas y por ende, no fue posible hacer un análisis más detallado por sector económico, como sucedió con los datos de la primera encuesta de innovación.

Esta débil intensidad de la asociación entre el uso de las tecnologías de información y comunicaciones se torna poco comprensible, debido a que otros estudios (Young, Francis & Young, 1993; Boymal et al, 2007) mencionados en el primer capítulo mostraron las ventajas en el uso de este tipo de tecnologías.

Este resultado puede ser atribuido a que este tipo de tecnologías solo es usado en las empresas para desarrollar las actividades del día a día y no se comprometen en procesos de innovación. Por ejemplo Young, Francis & Young, (1993) plantean la importancia del uso de computadores para la innovación, pero este uso debe estar orientado al proceso productivo y no simplemente a cumplir con las tareas de oficina. Es claro entonces que uno de los factores que desfavorece la innovación es que no se le da el uso adecuado a las TIC en las empresas y por ende no representa una ventaja competitiva para el desempeño innovador.

### 3.2.4 Cálculo de coeficiente Phi para la correlación entre el uso de tecnologías biológicas y la innovación en la segunda EDIT

Debido a que la prueba de asociación no rechazó la hipótesis nula de independencia entre las variables de innovación y uso de tecnologías biológicas, no es posible analizar la intensidad de la relación a través del coeficiente PHI, como se hizo con las otras dos correlaciones de este estudio.

### 3.3 Conclusiones del capítulo

Se lograron identificar en las encuestas de desarrollo e innovación tecnológica empresas que son innovadoras y usan alta tecnología, en el caso de la primera EDIT 484 empresas, es decir el 54,6% del total encuestado son innovadoras y de estas el 49,8% usan alta tecnología. Para el caso de la segunda EDIT solo el 28% de las empresas encuestadas son innovadoras, de las cuales el 36% usan alta tecnología.

El análisis de la dependencia entre las variables de este estudio arrojó como resultado que dos de las tres correlaciones son dependientes, el uso de tecnologías eléctricas y la innovación y el uso de tic y la innovación. Por su parte, la correlación de tecnologías biológicas resultó independiente de la innovación, en parte por el bajo número de empresas que utilizan este tipo de tecnologías.

En cuanto al análisis de la intensidad de las relaciones mediante el estadístico de prueba phi, se encontró en la primera EDIT que en algunos sectores específicos existe una alta intensidad en la relación entre el uso de tecnologías eléctricas y la innovación comprobando que el uso de estas tecnologías trae grandes ventajas al desarrollo de procesos de innovación, principalmente en las empresas de los sectores metales no ferrosos, calzado, madera y caucho, los cuales presentan la mayor intensidad.

En la segunda EDIT se encontró que el uso de tic no tiene una gran intensidad en la relación de dependencia con la innovación, factor atribuible, por ejemplo, a que las empresas no utilizan este tipo de tecnologías en el área productiva, sino en las labores corrientes de oficina.

En general, las encuestas de desarrollo e innovación tecnológica presentan vacíos a la hora de analizar el uso de alta tecnología, pues solo toman en cuenta la última tecnología adquirida y no el inventario tecnológico de la empresa lo que constituye una debilidad a la hora de analizar el potencial real de la alta tecnología en la empresa. También, otros factores como la

imposibilidad de analizar por sectores los datos de la segunda encuesta, limitan el estudio del impacto que tiene la alta tecnología en la innovación de las empresas en los diferentes sectores, ya que como se vio en el análisis estadístico de la primera EDIT, a pesar de que se encuentra relación entre las dos variables cada sector se comporta de una manera diferente en la intensidad de la relación.

## CONCLUSIONES

Del capítulo uno se puede concluir lo siguiente:

- En Colombia son pocos los estudios sobre la innovación en empresas usuarias de alta tecnología, al igual que en otras partes del mundo se evidencian en su mayoría estudios relacionados con los sectores de alta tecnología enfocados en sostener su ventaja competitiva sobre este tipo de tecnologías.
- Los casos analizados a nivel internacional permiten concluir que las empresas que hacen uso de alta tecnología cuentan con mejores posibilidades de desarrollar procesos de innovación, considerando la mayor acumulación de recursos y capacidades para ello.
- Del capítulo dos se concluye que la aplicación de técnicas estadísticas en el análisis de la relación entre alta tecnología e innovación constituye un mecanismo válido para identificar dependencias existentes entre las variables de innovación y adquisición de alta tecnología en Colombia, determinando relaciones existentes entre elementos de las encuestas de desarrollo e innovación tecnológica, que puede considerarse como un caso particular de modelado de dependencias, uno de los principales objetivos de las técnicas de descubrimiento de conocimiento.

En el capítulo tres se concluye:

- La adquisición o uso de alta tecnología por parte de las empresas es considerado como una actividad de innovación pero no garantiza que éstas realmente desarrollen innovaciones. Es por ello que el presente trabajo mostró que en Colombia el uso de tecnologías eléctricas favorece a la innovación en algunos sectores productivos, especialmente en aquellos sectores intensivos en mano de obra o en donde el uso de alta tecnología supone grandes ventajas competitivas, como son los casos de los sectores metales no ferrosos, calzado, madera y caucho.

Los sectores que están basados en el uso de alta tecnología para el desarrollo de sus funciones, como el sector de fabricación de sustancias y productos químicos, presentan una asociación positiva con la innovación, lo que quiere decir que en éstos el uso de alta tecnología se convierte en una variable considerable para la innovación.

- El uso de TIC en las empresas tiene relación con la innovación pero sin una alta asociación entre las variables, lo que indica que las empresas en Colombia no utilizan las TIC como un factor generador de ventaja competitiva en la producción de bienes, sino que las utilizan para otras funciones como pueden ser las administrativas o de oficina. Respecto al uso de tecnologías biológicas y genéticas no fue posible identificar una relación con la innovación, debido a que son muy pocas las empresas que utilizan este tipo de tecnologías y por ende, no se cuenta con evidencia estadística para el análisis.
- En el análisis del sector de fabricación de productos químicos que se evidenció en un estudio anterior como uno de los más innovadores, se encontró que el uso de alta tecnología es uno de los factores que tiene relación con la innovación presentando una moderada asociación entre las variables, esta relación es importante porque supone una de las bases para la innovación en Colombia.

En general se concluye:

- Este estudio también permite concluir que la gestión de recursos que se haga en la organización juega un papel importante, pues la adquisición de alta tecnología por sí sola no representa una ventaja, como se observa en el caso de los sectores plásticos, productos minerales, material de transporte y eléctricos donde se usa alta tecnología pero no se genera innovación, por ende es necesario adaptar la tecnología al desarrollo productivo mediante la formulación de estrategias que busquen desarrollar ventajas a partir de esta y así se produzcan resultados en innovación para la empresa.
- Este trabajo contribuyó a un mayor acercamiento al sector productivo nacional a través del conocimiento de una de las bases de la innovación en las empresas. en el caso del uso de TIC, de acuerdo con los resultados se encontró que no representan una base para el desarrollo de la innovación y en el caso de las tecnologías biológicas se puede concluir que no es un tipo de tecnología muy utilizada en el país, de ahí la imposibilidad de relacionarlo con la innovación.

- La gestión de la tecnología y la innovación en las empresas a través de procesos de planeación tecnológica e implementación de políticas y estrategias de desarrollo tecnológico, juega un papel fundamental en el aprovechamiento que se tiene de la alta tecnología en las empresas, pues se evidencian falencias en este aspecto en las empresas Colombianas, que se manifiestan en un bajo impacto de las altas tecnologías.
- No es posible generalizar que existe una relación entre el uso de alta tecnología e innovación en Colombia, pero si es posible identificar algunos sectores en los cuales el uso de este tipo de tecnologías tiene gran impacto en la innovación; es decir, el uso de alta tecnología genera una cierta ventaja para la innovación, pero hay otros factores, como la adecuada gestión de tecnologías y el desarrollo de políticas y estrategias que es necesario llevar a cabo en las empresas Colombianas para tener innovaciones efectivas.

## RECOMENDACIONES

- Como se concluyó en este estudio, no es posible generalizar que la alta tecnología juega un papel importante en el desarrollo de la innovación en todos los sectores y empresas en el ámbito Colombiano, por tanto se debe promover la creación de políticas para dinamizar el uso de estas tecnologías en las empresas, por ejemplo con medidas para de disminución arancelaria para la importación de maquinaria de producción de alta tecnología, que le permita a los empresarios acceder más fácilmente a ellas e iniciar procesos de innovación. Pero no solo es importante la adquisición de tecnologías, también es necesario tener en cuenta la implementación de estrategias que permitan orientar el uso de la tecnología al desarrollo de innovaciones por medio de una adecuada gestión de recursos tecnológicos, que debe empezar por conocer el inventario de tecnologías de la organización y así identificar las debilidades y fortalezas y los planes de acción para convertirlas en oportunidades.
- Los esfuerzos de la política gubernamental también deben orientarse en brindar capacitación a los empresarios en el tema de planeación tecnológica, con el fin de que tengan herramientas claves para hacer una adecuada selección de tecnologías clave para su negocio.
- Como recomendación a las empresas y sectores productivos, se debe hacer más énfasis en el uso de TIC para el área productiva de la empresa y no centrar su uso en el trabajo de oficina, esto se logra a través de la implementación de proyectos de innovación en las empresas que permitan orientar mejor los recursos a la obtención de desarrollos tecnológicos.
- Se debe ampliar el contenido de las encuestas de desarrollo e innovación tecnológica con la posibilidad de obtener mucha más información para el análisis de la innovación en el país; o al menos en un trabajo futuro es necesario completar la información de las encuestas de desarrollo e innovación tecnológica con una fuente primaria de datos, es decir, con la preparación de un instrumento de consulta a las empresas que permita obtener mayor información respecto al uso de alta tecnología.
- Como no existe la suficiente información a través de las encuestas de desarrollo e innovación tecnológica para analizar ampliamente la relación entre alta tecnología e innovación, se recomienda incluir en las encuestas de innovación preguntas que aborden el tema del inventario tecnológico de

la organización para poder desarrollar estudios con mayor información de la gestión tecnológica en la organización.

- Debido a que la información que se extrae de las EDIT no es lo suficientemente amplia, en este caso no fue posible extraer el código CIIU de las empresas encuestadas en la segunda EDIT, por tanto no fue posible analizar la relación entre alta tecnología e innovación en los diferentes sectores productivos del país, se recomienda entonces mejorar la disponibilidad de la información acerca de las encuestas para que sea posible profundizar el análisis del desarrollo tecnológico y la innovación en Colombia.
- Se debe promover el estudio de la innovación en Colombia a través del análisis de la información que brindan las EDIT, con el fin de conocer más a fondo las bases de la innovación en el país.
- Como trabajo futuro se pueden identificar dos líneas:
  1. En el análisis de la relación entre alta tecnología e innovación desde una perspectiva procedimental que logre obtener mayor información acerca del uso de alta tecnología y procesarla con otros métodos estadísticos que analicen la relación más a fondo.
  2. Otra línea de trabajo se puede enfocar en determinar cuáles son las altas tecnologías que pueden representar mayores oportunidades en materia de innovación para las empresas, esta línea necesitaría explorar más a fondo el concepto de alta tecnología para poder definir claramente qué tipo de tecnologías usadas en Colombia se pueden incluir en esta categoría.

## REFERENCIAS

Agrawal, R. y Shafer, J. (1996). Data Mining & Knowledge Discovery in Databases (KDD)

Aït-El-Hadj, S. (1990). Gestión de la tecnología. La empresa frente a la mutación tecnológica. Ediciones Gestión 3000. USA.

Barney, J. B. (1991) Firm resources and sustained competitive advantage”, Journal of Management, vol. 77, nº1, pp.99-120

Boymal, J., Martin, B. y Lam, D. (2007) The political economy of Internet innovation policy in Vietnam. Technology in Society. 29. pp. 407– 421.

Canavos, (1988) Probabilidad y estadística: análisis y métodos. Mc Graw Hill

Castellanos, O; Jiménez, C. y Rojas, J. (2003) Gestión de la innovación en empresas con procesos biotecnológicos. X Seminario latinoamericano de gestión tecnológica. ALTEC. Ciudad de México.

DANE, COLCIENCIAS y DNP. (2005) Innovación y desarrollo tecnológico en la industria manufacturera Colombia 2003 – 2004.

DANE. Comunicado de prensa. (2010) Tercera Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica. EDIT III, 2005-2006.

Drejer, A. (1996) Frameworks for the Management of Technology: Towards a Contingent Approach. Technology Analysis & Strategic Management, Vol. 8, No 1.

Escorsa, P. y Valls, J. (1998) Tecnología e innovación en la empresa. Ediciones UPC.

Gallego, A. (2005) Fundamentos de la gestión tecnológica e innovación. Tecnológicas No.15, ITM.

INE - Instituto Nacional de Estadística. (s.f.) en: <http://www.ine.es/daco/daco43/notaiat.pdf> consultado en Abril 05 de 2011

InnovaChile (2010) en: <http://www.chilepotenciaalimentaria.cl> Consultado en Julio 14 de 2010

Jiménez, C. Villa, F. y Rico, M. (2009). Gestión de datos e información para el análisis de la innovación a partir de encuestas: aprendizajes y retos.

Jiménez, C.; Castellanos, O. y Morales, M. (2008) Tendencias y retos de la gestión tecnológica en economías emergentes. Revista Universidad EAFIT. Vol. 43 No. 148. 42 – 61.

Johannessen, J., Olaisen, J. y Olsen, B. (1999) Strategic use of information technology for increased innovation and performance. Information Management and Computer Security. 7 (1). 5 – 22.

Kast, F.; Rosenzweig, J. (1988); Administración en las Organizaciones. Enfoque de Sistemas y de Contingencias. México: McGraw-Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V

Lee, C., Chan-Olmsted, S. (2004) Competitive advantage of broadband Internet: a comparative study between South Korea and the United States. Telecommunications Policy. 28. 649-677.

Levin y Rubin, (1996). Estadística para administradores. Prentice Hall

Molinero, L. (2004). Asociación de variables cualitativas nominales y ordinales. ALCE INGENIERIA

Monge, J. y Perez, A. (S.F). Estadística no paramétrica: prueba chi-cuadrado  $\chi^2$ . Proyecto e-Math. En: [www.uoc.edu](http://www.uoc.edu) Fecha de consulta: Octubre de 2010

O'Reagan y Sims. (2008) Identifying high technology small firms: A sectoral analysis. Technovation 28. 408–423.

OCDE. (1995) Classification des secteurs et des produits de haute technologie. Doc. DSTI/EAS/STPP (95)1.

OCDE. (1997) Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data – Oslo Manual. The Measurement of Scientific and Technical Activities Series, Paris.

OCDE. (2005) Oslo Manual: Proposed guidelines for collecting and interpreting innovation data. Third edition, Paris.

OCYT. (S.F). Resultados de innovación alcanzados por las empresas. En: <http://www.ocyt.org.co/ind/pfd/B2b.pdf>. Consultado en Junio 20 de 2010

Porter, M. (1980). *Competitive strategy techniques for analyzing industries and competitors*. New York. Macmillan 396

Rencher, A. C. (2002). *Methods of multivariate analysis*. Second edition. John Wiley & Sons, inc.

RICYT. (2001). Tercera sesión: Indicadores de recursos humanos en ciencia y tecnología y de migración de científicos. Recursos humanos en alta tecnología. V Taller Iberoamericano e Interamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología. Montevideo

Robledo, J. (2009). Propuesta: Descubrimiento de conocimiento sobre la innovación en Colombia -Fase II: Nuevas evidencias y análisis a partir de las recientes Encuestas de Innovación". Documento no publicado.

Robledo, J. Gómez, F. & Restrepo, J. (2009). Relación entre capacidades de innovación tecnológica y el desempeño empresarial y sectorial.

Romijn & Albu (S.F). *Innovation, Networking and Proximity: Lessons from Small high Technology Firms in the UK*. Policy Review Section.

Serna, Correa y Robledo. (2009). Características de las empresas innovadoras colombianas: Análisis Comparativo de Árboles de Regresión y Clasificación (CART) y Regresión Logística a la Encuesta de Innovación de 1996.

Tommasi, C. (2006). Minería de datos: Procedimientos estadísticos de reducción de variables. Dipartimento di Scienze Economiche, Aziendali e Statistiche Università di Milano.

Torres, A. y Mejias, E. (2005). *Estadística descriptiva en el campo social Puertorriqueño*.

Torres, L; Castellanos, O. y Fúquena A. (2007) Evaluación de la innovación tecnológica de las Mipymes colombianas. Parte 1: Bases conceptuales, metodología de evaluación y caracterización de las empresas innovadoras. *Revista ingeniería e investigación*, vol. 27, No.1, 2007, p. 158-167

Triola, M. (2009). *Estadística*. Pearson

Vicens, J. y Medina, E. (2005). Análisis de datos cualitativos. En: [http://www.uam.es/personal\\_pdi/economicas/eva/pdf/tab\\_conting.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/eva/pdf/tab_conting.pdf) fecha de consulta: Octubre de 2010

Wang, C., Lu, I. y Chen, C. (2008). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty, *Technovation*, in press.

Wright, P. (1998). El Descubrimiento del conocimiento en las Bases de Datos: herramientas y técnicas. En: [www.acm.org/crossroads/espanol/xrds5-2/kdd.html](http://www.acm.org/crossroads/espanol/xrds5-2/kdd.html) fecha de consulta: Agosto de 2010

Yam, R. C. M., Guan, J. C., Pun, K. F. y Tang, E. P. Y.(2004). An audit of technological innovation capabilities in Chinese firms: some empirical findings in Beijing, China, *Research Policy*, Vol. 33, pp. 1123–1140.

Young, Francis & Young. (1993). Innovation, High Technology use, and flexibility in small manufacturing firms. *Growth and Change*. Vol. 24. Pp 67-86.