



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados

Investigación y Consultoría

Departamento de Ingeniería

Doctorado en Planeación Estratégica

y Dirección de Tecnología

**La Nanotecnología en México: Un Estudio de su Impacto  
Disruptivo**

**Tesis que para obtener el grado de Doctor  
en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología**

Presenta

Alejandra Corichi García



**UPAEP – Secretaría General**

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

**Tesis Digitales Restricciones de uso:**

**DERECHOS RESERVADOS ©**

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla  
Centro Interdisciplinario de Posgrados  
Investigación y Consultoría  
Departamento de Ingeniería  
Doctorado en Planeación Estratégica  
y Dirección de Tecnología

Se aprueba la Tesis:

Nombre de la tesis

La nanotecnología en México: un estudio de su impacto disruptivo

Nombre del Alumno

Alejandra Corichi García

Comité Asesor

Dra. Blanca Cecilia Salazar Hernández

Director(a) de Tesis

Dra. Beatriz Pico González

Co-Director (a)

Dra. Jessica Mendoza Moheno

Asesor(a)

Puebla, México.

10 de noviembre de 2020

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mis padres, Renato Corichi y Mercedes García; por los valores inculcados y por el recuerdo de llevarlos siempre en mi mente y en mi corazón.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por permitirme cumplir todas mis metas y mis sueños, por permitirme llegar hasta donde estoy.

### **A mi esposo**

Empezamos esta aventura juntos hace cuatro años, tu ayuda siempre fue fundamental, estuviste conmigo en los momentos más turbulentos, incluso me viste caer y nunca dudaste en levantarme. Este proyecto no fue fácil, pero siempre estuviste motivándome y dándome tu apoyo de manera incondicional, te admiro, te amo y te respeto. ¡¡Eres el mejor!!

### **A mis hijos**

Alan y Tony, mis dos grandes amores, porque cada objetivo que he alcanzado ha sido siempre pensando en ustedes, todo lo que soy es gracias a ustedes, no existe forma alguna de recompensar todo el tiempo que me he ausentado, pero sí les puedo dar las GRACIAS por estar conmigo en todo lo que hago y porque han sido la motivación más grande para concluir con éxito este proyecto de tesis. Los amo por siempre.

### **A mi Directora de Tesis, Dra. Blanca Cecilia Salazar Hernández**

Por la paciencia, asesoría, consejos, compromiso, por compartir tus conocimientos que han sido fundamentales para mi formación como investigadora, porque me impulsaste en todo momento y nunca dejaste de creer en mí, pero sobre todo gracias porque te convertiste en mi mejor amiga.

### **A mis Asesoras de Tesis, Dra. Beatriz Pico González y Dra. Jessica Mendoza Moheno**

Por la generosidad de compartir sus conocimientos, por su guía, comprensión, apoyo, pero sobre todo por su valiosa amistad.

### **A mis hermanos y a mis amigos**

Porque no existe un logro significativo en la vida que no requiera de la ayuda de otras personas, particularmente de gente tan valiosa como ustedes. Mi gratitud, cariño y reconocimiento, lo mismo a quienes con sus palabras de aliento y apoyo me motivaron a seguir adelante, por formar parte de mi vida, porque son parte de mi historia y porque creyeron en mí.

## ÍNDICE GENERAL

|                                                                               |             |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>                                                | <b>I</b>    |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>                                                 | <b>IV</b>   |
| <b>RESUMEN .....</b>                                                          | <b>VI</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                         | <b>VII</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                                                      | <b>VIII</b> |
| <b>CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>                         | <b>1</b>    |
| 1.1 Planteamiento del Problema .....                                          | 1           |
| 1.1.1 Antecedentes .....                                                      | 1           |
| 1.1.2 El Problema.....                                                        | 4           |
| 1.1.3 Pregunta de Investigación.....                                          | 9           |
| 1.1.4 Justificación de la Investigación.....                                  | 9           |
| 1.1.5 Objetivos de la Investigación .....                                     | 12          |
| 1.1.5.1 Objetivo General.....                                                 | 12          |
| 1.1.6 Matriz de Congruencia .....                                             | 13          |
| 1.1.7 Alcances y Limitaciones .....                                           | 14          |
| <b>CAPÍTULO 2. INNOVACIÓN DISRUPTIVA: UN ACERCAMIENTO TEÓRICO. 15</b>         |             |
| 2.1 Innovación .....                                                          | 16          |
| 2.1.1 Origen del término Innovación .....                                     | 16          |
| 2.1.2 Antecedentes de la Innovación como Objeto de Estudio .....              | 20          |
| 2.1.3 Antecedentes de la Innovación en México.....                            | 31          |
| 2.2 Definición de Innovación.....                                             | 36          |
| 2.2.1 Naturaleza de la Innovación .....                                       | 39          |
| 2.2.2 Modelos de Innovación .....                                             | 44          |
| 2.2.2.1 Modelos Lineales: Impulso de la Tecnología y Tirón de la Demanda..... | 45          |
| 2.2.2.2 Modelos por Etapas .....                                              | 47          |
| 2.2.2.3 Modelos Interactivos o Mixtos .....                                   | 48          |
| 2.2.2.4 Modelo Enlaces en Cadena de Kline .....                               | 49          |
| 2.2.2.5 Modelos Integrados .....                                              | 54          |
| 2.2.2.6 Modelos en Red .....                                                  | 56          |

|                                                                                                                                           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.2.3 Tipos de Innovación .....                                                                                                           | 58         |
| 2.2.3.1 Innovación Disruptiva .....                                                                                                       | 62         |
| 2.2.3.1.1 ¿Por qué Surge la Innovación Disruptiva?.....                                                                                   | 63         |
| 2.2.3.1.2 Definición de Innovación Disruptiva.....                                                                                        | 66         |
| 2.2.3.1.3 El Modelo de Innovación Disruptiva.....                                                                                         | 68         |
| 2.2.3.1.4 Dimensiones de la Innovación Disruptiva .....                                                                                   | 70         |
| <b>CAPÍTULO 3. NANOTECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS .....</b>                                                                                      | <b>75</b>  |
| .....                                                                                                                                     | 75         |
| 3.1.1 Orígenes y Evolución de la Nanotecnología .....                                                                                     | 75         |
| 3.1.2 Conceptualización de la Nanotecnología .....                                                                                        | 79         |
| 3.1.3 Contexto de la Nanotecnología .....                                                                                                 | 81         |
| 3.1.3.1 Contexto Internacional .....                                                                                                      | 81         |
| 3.1.3.2 La Nanotecnología en América Latina.....                                                                                          | 84         |
| 3.1.3.3 La Nanotecnología en México.....                                                                                                  | 85         |
| 3.1.4 Nanotecnologías Disruptivas.....                                                                                                    | 92         |
| 3.1.5 Surgen Nuevos Materiales .....                                                                                                      | 95         |
| 3.1.5.2 Nanomateriales .....                                                                                                              | 96         |
| 3.1.5.3 Nanotubos de Carbono .....                                                                                                        | 98         |
| 3.1.6 Aplicaciones de la Nanotecnología en la Industria .....                                                                             | 99         |
| 3.1.7 Empresas de Nanotecnología en México .....                                                                                          | 101        |
| <b>CAPÍTULO 4 ESTRATEGIA METODOLÓGICA Y DISEÑO DE LA</b>                                                                                  |            |
| <b>INVESTIGACIÓN .....</b>                                                                                                                | <b>109</b> |
| 4.1 Introducción .....                                                                                                                    | 110        |
| 4.2 Estrategia Metodológica .....                                                                                                         | 111        |
| 4.3 Diseño Metodológico.....                                                                                                              | 112        |
| 4.3.1 Primera fase: Acercamiento Inicial .....                                                                                            | 113        |
| 4.3.1.1 Procedimiento de la Primera fase .....                                                                                            | 113        |
| 4.3.1.2 Operacionalización de las variables .....                                                                                         | 115        |
| 4.3.1.2.1 Operacionalización de las Variables del Instrumento Aplicado a los<br>Centros de Investigación de Nanotecnología en México..... | 116        |
| 4.3.1.2.2 Instrumento para la Recolección de la Información .....                                                                         | 119        |

|                                                                                                                                                |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.1.3 Unidad de Análisis .....                                                                                                               | 121        |
| 4.3.1.4 Análisis de Resultados.....                                                                                                            | 121        |
| 4.3.2 Segunda Fase: Estudio con Base en el Modelo de Kline .....                                                                               | 122        |
| 4.3.2.1 Procedimiento de la Segunda fase .....                                                                                                 | 123        |
| 4.3.2.2 Operacionalización de las Variables Dependientes del Constructo de Nanotecnología Respecto al Modelo de Kline .....                    | 124        |
| 4.3.2.3 Descripción del Instrumento de Medición .....                                                                                          | 133        |
| 4.3.2.4 Estructura de la Muestra .....                                                                                                         | 133        |
| 4.3.3 Tercera fase: Marco de Análisis de la Innovación Disruptiva .....                                                                        | 135        |
| 4.3.3.1 Operacionalización de las Variables del Marco de Análisis de las Variables Independientes del Constructo la Innovación Disruptiva..... | 137        |
| 4.3.3.3 Descripción del Instrumento de Medición .....                                                                                          | 140        |
| 4.3.3.4 Análisis de Resultados.....                                                                                                            | 140        |
| 4.3.4 Validación de la Investigación .....                                                                                                     | 142        |
| <b>CAPÍTULO 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>                                                                                    | <b>144</b> |
| 5.1 Caracterización de los Centros de Investigación Orientados a la Nanotecnología...                                                          | 144        |
| 5.2 Análisis Cualitativo del Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva.....                                            | 153        |
| 5.2.1 Análisis de la Información del Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva .....                                   | 155        |
| 5.2.2 Vinculación entre el Modelo de Kline y las características de la innovación disruptiva.....                                              | 159        |
| 5.2.3 Relación entre las Características de la Innovación Disruptiva con el Modelo de Kline desde la Perspectiva de la Nanotecnología.....     | 179        |
| 5.2.4 Análisis Reticular de los Centros de Investigación de Nanotecnología en México .....                                                     | 189        |
| 5.3 Comparativo de los Centros de Investigación de Nanotecnología con Mejores Resultados .....                                                 | 191        |
| <b>CONCLUSIONES, HALLAZGOS Y APORTACIONES.....</b>                                                                                             | <b>197</b> |
| <b>REFERENCIAS .....</b>                                                                                                                       | <b>205</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                                                                                                            | <b>227</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1 Contenido del Capítulo 1 .....                                                  | 1   |
| Figura 2 Matriz de Congruencia.....                                                      | 13  |
| Figura 3 Contenido Capítulo 2 .....                                                      | 15  |
| Figura 4 Contribuciones a la Innovación en la Década de los Setenta.....                 | 24  |
| Figura 5 Contribuciones a la Innovación a Principios de Siglo .....                      | 31  |
| Figura 6 Inicios de la Innovación en México .....                                        | 32  |
| Figura 7 Periodos de Investigación de Innovación en México en el Siglo XX.....           | 33  |
| Figura 8 Naturaleza de la Innovación.....                                                | 40  |
| Figura 9 Modelo de impulso de Tecnología y Tirón de la Demanda .....                     | 45  |
| Figura 10 Modelo de Tirón de la Demanda.....                                             | 46  |
| Figura 11 Modelo por Etapas Departamentales .....                                        | 48  |
| Figura 12 Modelo Mixto de Innovación de Marquis.....                                     | 49  |
| Figura 13 Elementos del Modelo Cadena-Eslabón de Kline.....                              | 54  |
| Figura 14 Fases del Desarrollo de Productos Secuenciales (A) vs. Solapados (B y C) ..... | 55  |
| Figura 15 Modelos en Red (ejemplo) .....                                                 | 57  |
| Figura 16 Propuesta de Schumpeter sobre la Clasificación de Innovación.....              | 59  |
| Figura 17 Tipos de Innovación Disruptiva .....                                           | 64  |
| Figura 18 Modelo de Innovación Disruptiva.....                                           | 69  |
| Figura 19 Contenido del Capítulo 3 .....                                                 | 75  |
| Figura 20 Número de Empresas Activas en Nanotecnología a Nivel Mundial.....              | 83  |
| Figura 21 Características de la Nanotecnología como una Ruptura Tecnológica.....         | 94  |
| Figura 22 Antecedentes Encuesta Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET)....      | 104 |
| Figura 23 Etapas de la Investigación .....                                               | 109 |
| Figura 24 Procedimiento Realizado en la Primera Fase.....                                | 114 |
| Figura 25 Procedimiento Realizado en la Segunda Fase.....                                | 124 |
| Figura 26 Proceso del Análisis Cualitativo Utilizando el Software “ATLAS.ti 8” .....     | 141 |
| Figura 27 Contenido Capítulo 5 .....                                                     | 144 |
| Figura 28 Distribución de los Centros de Investigación de Nanotecnología en México ..    | 145 |
| Figura 29 Grado de Estudios del Personal que Labora en los Centros de Investigación ..   | 148 |
| Figura 30 Tipo de Financiamiento que Reciben los Centros de Investigación .....          | 150 |

|                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 31 Centros de Investigación que Desarrollan Productos con Nanotecnología .....                                                        | 151 |
| Figura 32 Sectores a los que se Enfocan los Centros de Investigación.....                                                                    | 152 |
| Figura 33 Análisis del Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva .....                                               | 157 |
| Figura 34 Análisis de las Características de la Innovación Disruptiva .....                                                                  | 158 |
| Figura 35 Análisis del Conocimiento del Modelo de Kline .....                                                                                | 159 |
| Figura 36 Vinculación del Centro 1 en relación al Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva .....                    | 162 |
| Figura 37 Vinculación Conexión entre Investigación e Invención con el Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva..... | 163 |
| Figura 38 Vinculación de las Características de la Innovación Disruptiva y el Modelo de Kline .....                                          | 164 |
| Figura 39 Vinculación Conocimiento con el Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva .....                            | 166 |
| Figura 40 Vinculación Invento y/o Diseño Analítico del Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva .....               | 167 |
| Figura 41 Vinculación Investigación del Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva .....                              | 169 |
| Figura 42 Descripción Necesidad de Innovar del Mercado Potencial Modelo de Kline ...                                                         | 170 |
| Figura 43 Descripción del Desarrollo del Mercado Potencial y el Modelo de Kline.....                                                         | 171 |
| Figura 44 Descripción del Propósito de Prototipos del Diseño Detallado y Prueba del Modelo de Kline .....                                    | 172 |
| Figura 45 Descripción de la Finalidad del Rediseño y Producción del Modelo de Kline.                                                         | 173 |
| Figura 46 Descripción de la Retroalimentación del Rediseño y Producción del Modelo de Kline .....                                            | 174 |
| Figura 47 Descripción del Proceso de Retroalimentación de Rediseño y Producción del Modelo de Kline .....                                    | 175 |
| Figura 48 Descripción del Usuario Final del Producto con la Distribución y Venta del Modelo de Kline .....                                   | 176 |
| Figura 49 Descripción de la Conexión entre Investigación e Invención y el Conocimiento del Modelo de Kline .....                             | 177 |

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 50 Descripción de la Conexión entre Mercado Investigación e Investigación del<br>Modelo de Kline ..... | 178 |
| Figura 51 Estructura Organizacional de los Centros de Investigación.....                                      | 190 |
| Figura 52 Tipo de Innovación que generan los Centros de Investigación.....                                    | 191 |
| Figura 53 Análisis de los Centros de Investigación con Mejores Resultados .....                               | 195 |
| Figura 54 Vinculación análisis de los Centros de Investigación con Mejores Resultados.                        | 196 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1 Presupuesto Otorgado por la OCDE I+D al Sector Empresarial 2010 - 2017 ..... | 5   |
| Tabla 2 Presupuesto Otorgado del PEI en Proyectos de Nanotecnología 2009 2018 .....  | 7   |
| Tabla 3 Contribuciones a la Innovación en la Década de los Cincuentas .....          | 21  |
| Tabla 4 Contribuciones a la Innovación en la Década de los Sesentas .....            | 22  |
| Tabla 5 Contribuciones a la Innovación en la Década de los Ochenta.....              | 25  |
| Tabla 6 Contribuciones a la Innovación en la Década de los Noventa .....             | 28  |
| Tabla 7 Definiciones de Innovación .....                                             | 37  |
| Tabla 8 Clasificación de Innovación .....                                            | 59  |
| Tabla 9 Marco de Análisis de la Innovación Disruptiva .....                          | 74  |
| Tabla 10 Evolución y Desarrollo de la Nanotecnología.....                            | 78  |
| Tabla 11 Definiciones de Nanotecnología .....                                        | 80  |
| Tabla 12 Inversión Aproximada en Investigación de Nanotecnología en América Latina.  | 85  |
| Tabla 13 Fortalezas de Productos Elaborados con Nanotecnología Disruptiva.....       | 93  |
| Tabla 14 Productos con Nanotecnología.....                                           | 97  |
| Tabla 15 Ejemplos de Aplicaciones Industriales de la Nanotecnología.....             | 99  |
| Tabla 16 Inventarios más Relevantes de Empresas de Nanotecnología en el Mundo .....  | 102 |
| Tabla 17 Ficha Técnica de los Centros de Nanotecnología en México.....               | 114 |
| Tabla 18 Elementos que conforman la Dimensión Datos Generales .....                  | 116 |
| Tabla 19 Elementos que conforman la Dimensión Financiamiento.....                    | 117 |
| Tabla 20 Elementos que conforman la Dimensión Investigación .....                    | 117 |
| Tabla 21 Elementos que conforman la Dimensión Capital humano .....                   | 118 |
| Tabla 22 Elementos que conforman la Dimensión Servicios.....                         | 118 |
| Tabla 23 Elementos que conforman la Dimensión Colaboraciones Científicas .....       | 119 |
| Tabla 24 Elementos que conforman la Dimensión Estructura Organizacional.....         | 125 |
| Tabla 25 Elementos que conforman la Dimensión Mercado Potencial.....                 | 125 |
| Tabla 26 Elementos que conforman la Dimensión Invención y/o Diseño Analítico .....   | 126 |
| Tabla 27 Elementos que conforman la Dimensión Detallado y/o Prueba.....              | 127 |
| Tabla 28 Elementos que conforman la Dimensión Rediseño y Producción.....             | 128 |
| Tabla 29 Elementos que conforman la Dimensión Distribución y Venta .....             | 129 |

|                                                                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 30 Elementos que conforman la Dimensión Conocimiento .....                                                                                                                   | 130 |
| Tabla 31 Elementos que conforman la Dimensión Investigación .....                                                                                                                  | 131 |
| Tabla 32 Elementos que conforman la Dimensión Innovación Disruptiva.....                                                                                                           | 132 |
| Tabla 33 Marco de Análisis Innovación Disruptiva.....                                                                                                                              | 136 |
| Tabla 34 Elementos que conforman la Dimensión Producto .....                                                                                                                       | 137 |
| Tabla 35 Elementos que conforman la Dimensión Mercado .....                                                                                                                        | 138 |
| Tabla 36 Elementos que conforman la Dimensión Tecnología.....                                                                                                                      | 139 |
| Tabla 37 Elementos que conforman la Dimensión Activos intelectuales .....                                                                                                          | 140 |
| Tabla 38 Validez del Estudio .....                                                                                                                                                 | 143 |
| Tabla 39 Instituciones Educativas que Ofertan Estudios Relacionados con la<br>Nanotecnología.....                                                                                  | 146 |
| Tabla 40 Estadísticos Descriptivos.....                                                                                                                                            | 149 |
| Tabla 41 Centros de Investigación que han Desarrollado Productos con Nanotecnología                                                                                                | 152 |
| Tabla 42 Capacitación del personal que labora en los Centros de Investigación y cuentan<br>con productos Elaborados con Nanotecnología.....                                        | 153 |
| Tabla 43 Codificación de los elementos del Modelo de Kline y las características de la<br>Innovación Disruptiva .....                                                              | 154 |
| Tabla 44 Evaluación de las etapas del Modelo de Enlaces en Cadena de Kline y las<br>Características de la Innovación Disruptiva en los Centros de Investigación .....              | 182 |
| Tabla 45 Número de Correlaciones obtenidas para Evaluar el Modelo de Kline y las<br>Características de la Innovación Disruptiva .....                                              | 185 |
| Tabla 46 Evaluación de la información de los Centros de Investigación de Nanotecnología,<br>las Etapas del Modelo de Kline y las características de la Innovación Disruptiva ..... | 187 |
| Tabla 47 Número de Correlaciones obtenidas para Evaluar los Centros de Investigación, las<br>etapas del Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva.....     | 189 |
| Tabla 48 Comparativo de los Centros de Investigación de Nanotecnología en México de<br>acuerdo a la Información Proporcionada.....                                                 | 194 |

## RESUMEN

La nanotecnología es un motor de crecimiento a nivel mundial capaz de proporcionar materiales novedosos para áreas como la medicina, biología molecular, física, química, el medio ambiente, así como en industrias como la farmacéutica, textil, manufacturera, entre otras; asimismo en aplicaciones en las ciencias de los materiales, modelos computacionales de simulación y de ingeniería y en el rediseño de sistemas de producción y la obtención de nuevos materiales y dispositivos.

La investigación y desarrollo de la nanotecnología se lleva a cabo en áreas muy específicas, por lo que es posible observar el incremento de la inversión pública. No obstante, aún no se cuenta con algún tipo de registro que identifique lo que se está investigando, produciendo o se vendiendo con este tipo de tecnología; por otro lado, existe poca información sistematizada de los centros de investigación y universidades públicas, generando también un desconocimiento de la información que se realiza en el sector privado; lo anterior se complica aún más con la ausencia de un programa o institución con lineamientos establecidos para su desarrollo y control de la información, propiciando brechas cada vez mayores en este rubro.

El objetivo de esta investigación es analizar a través del Modelo de Kline el impacto de la nanotecnología para establecer la disrupción, aplicado a los centros de investigación en México. El estudio se efectúa bajo una metodología cualitativa, de corte transversal; también se realizó una descripción de lo observado, por lo tanto, se clasificó como una investigación descriptiva; el estudio fue validado a través de la propuesta de Yin y las técnicas de recolección de información fueron cuestionarios y entrevistas semiestructuradas basadas en el Modelo de Kline y el marco de análisis de la innovación disruptiva.

El análisis de la información se realizó mediante el software “ATLAS.ti 8”; el cuál, por medio de las herramientas cualitativas se distinguieron las diferentes relaciones que existe entre los elementos de cada una de las etapas del Modelo de Kline y las características de la innovación disruptiva.

## **ABSTRACT**

Nanotechnology is a global growth engine capable of providing innovative materials for areas such as medicine, molecular biology, physics, chemistry, the environment, as well as in industries such as pharmaceuticals, textiles, manufacturing, among others; also in applications in materials science, computational simulation and engineering models and in the redesign of production systems and the obtaining of new materials and devices.

Nanotechnology research and development is carried out in very specific areas, so it is possible to observe the increase in public investment. However, there is still no record of any kind that identifies what is being investigated, produced or sold with this type of technology; on the other hand, there is little systematized information from research centers and public universities, also generating a lack of knowledge of the information that is carried out in the private sector; The foregoing is further complicated by the absence of a program or institution with established guidelines for its development and control of information, leading to ever greater gaps in this area.

The objective of this research is to analyze through the Kline Model the impact of nanotechnology to establish disruption, applied to research centers in Mexico. The study is carried out under a qualitative, cross-sectional methodology; A description of what was observed was also made, therefore, it was classified as a descriptive investigation; The study was validated through Yin's proposal and the information collection techniques were questionnaires and semi-structured interviews based on the Kline Model and the disruptive innovation analysis framework.

The information analysis was performed using the "ATLAS.ti 8" software; which, through qualitative tools, the different relationships that exist between the elements of each of the stages of the Kline Model and the characteristics of disruptive innovation were distinguished.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos los desarrollos científicos y tecnológicos están cambiando de manera drástica la vida del ser humano en diversos aspectos; han surgido nuevas tecnologías que juegan un rol vital en las industrias ya establecidas y han adquirido un valor estratégico invaluable. Tal es el caso de las llamadas tecnologías disruptivas las cuales se pueden definir como una innovación que permite crear una red de valor que irrumpe en el mercado actual.

El progreso y desarrollo de la nanotecnología a nivel mundial es cada vez más significativo, situación que puede observarse en distintas áreas y por las diversas aplicaciones que esta tecnología está operando. En países líderes en nanotecnología como es el caso de Estados Unidos, Japón, Corea del Sur y China, Australia e Israel han manifestado su interés en este campo por medio de iniciativas, programas nacionales y de la formación de capital humano.

Por otra parte, en Estados Unidos el impulso gubernamental de la nanotecnología fija sus antecedentes en la administración del ex presidente Bill Clinton cuando se estableció el *National Sciences and Technology Council* (NSTC) en 1993 (Delgado Ramos, 2007).

En los países de América Latina, se han incorporado a las nanotecnologías como área prioritaria de desarrollo en sus políticas públicas; las expectativas que se generan en torno a la nanotecnología son verdaderamente únicas y prometedoras; la principal característica de estas políticas es el apoyo a la Investigación y Desarrollo (I+D) de las nanotecnologías buscando integrar los centros y las universidades públicas con la empresa privada, para potenciar la innovación y la competitividad (Foladori, 2006 y OEI, 2007).

La investigación sobre nanotecnología en México despunta en la década de los 90 y de manera oficial incursiona desde 2001 al reconocer el gobierno a la nanotecnología como un área estratégica para dar seguimiento en el Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006 (PECyT), que era parte del Plan de Desarrollo de este periodo; este plan se presentó en México como una política de largo alcance para la CyT, orientada a apoyar la educación científica, la tecnológica y fomentar la inversión pública y privada en investigación y desarrollo de las políticas.

No obstante, los fondos públicos que se han destinado a centros de investigación, así como el establecimiento de parques industriales y a la creación de redes de investigación; el desarrollo de las nanotecnologías en México es incipiente de acuerdo con Záyago-Lau, et. al (2015).

Este trabajo de investigación contiene 5 capítulos, en el capítulo 1, se presenta la introducción general de la tesis, se describe el planteamiento del problema a investigar, la justificación, la pregunta de investigación, los objetivos general y específicos, posteriormente se presenta la matriz de congruencia la cual permite garantizar la coherencia de la investigación; en seguida se presenta el alcance de la investigación así como posibles limitaciones.

En el capítulo 2 denominado Innovación Disruptiva: un Acercamiento Teórico se presenta el origen de la innovación así como las diferentes teorías que la sustentan; se presentan de manera cronológica los acontecimientos más relevantes sobre la importancia de la innovación hasta llegar a la definición de distintos autores, así como su naturaleza y el modelado de la innovación que los autores presentan sobre los modelos de innovación más estudiados; se presentan los tipos de innovación que pueden surgir destacando el termino de innovación disruptiva, su modelo y sus dimensiones; para finalizar el capítulo se presenta un cuadro de análisis de la innovación disruptiva, el cual se elaboró considerando las dimensiones que conforman el constructo de la innovación disruptiva a fin de determinar si un producto elaborado con nanotecnología es disruptivo o no.

Para el capítulo 3, el cual lleva por título Nanotecnologías Disruptivas, se hace una descripción de los orígenes y evolución de la nanotecnología; posteriormente se hace una conceptualización del término y se presentan distintas definiciones de autores destacados; se presenta el contexto de la nanotecnología a través de un panorama mundial, en América Latina y en México, se hace una descripción de porque las nanotecnologías son disruptivas, como surgen estos materiales y se mencionan los más importantes, así como las aplicaciones que se tienen de la nanotecnología en la industria; se hace mención de distintos estudios que se han llevado a cabo sobre este tema.

En el capítulo 4 denominado Estrategia Metodológica y Diseño de la Investigación se discute por qué se seleccionó la estrategia de investigación; se presenta el diseño de la investigación y los aspectos relacionados a esta, tales como las generalidades de la investigación, la validez, el protocolo, el método usado de recolección de la información y los instrumentos de recolección, así como la selección y operacionalización de los elementos y las consideraciones para el análisis de resultados.

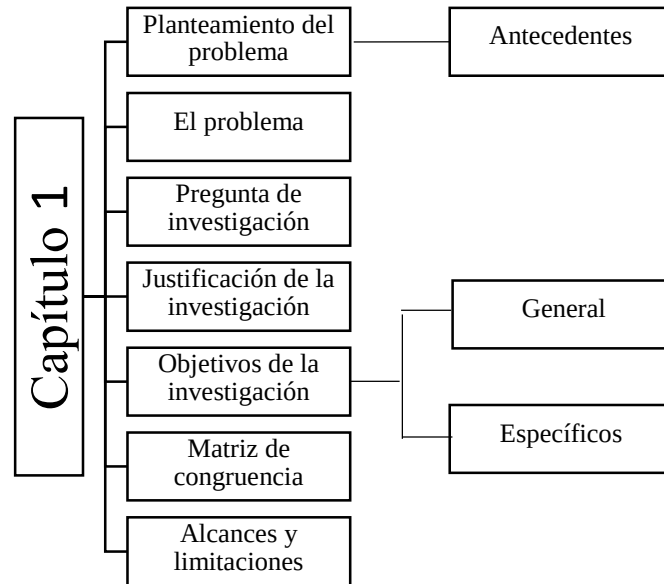
En el capítulo 5 se lleva a cabo el análisis de los resultados, en el que se presenta la información más importante de cada una de las técnicas de recolección de datos, así como el uso de las herramientas de datos cualitativos obtenidos por el software “ATLAS.ti 8”.

En el apartado de conclusiones, hallazgos y aportaciones se discuten los hallazgos y contribuciones de esta investigación.

# CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## Contenido:

Figura 1  
*Contenido del Capítulo 1*



Fuente: elaboración propia, 2020

## 1.1 Planteamiento del Problema

### 1.1.1 Antecedentes

La innovación es un proceso que incluye diversos grados de uso y articulación del conocimiento disponible, de adaptaciones tecnológicas y organizacionales, de relaciones entre actores ubicados en distintos lugares de una o varias cadenas de valor, de vínculos e intercambios institucionales en el nivel productivo, científico, financiero, entre otros; para llevarse a cabo, la innovación se requiere de un proceso permanente de aprendizaje tecnológico y organizacional de las empresas (Villavicencio, 2012).

En este sentido, Christensen (1997) alude a la innovación disruptiva como algo que debe hacerse de manera diferente, es necesario hacer cambios o modificaciones pero que sean más simples, que tengan un menor costo y que el cambio sea a través de tecnologías sofisticadas.

La innovación disruptiva se crea por una tecnología que es aplicada en productos o servicios que anteriormente no superaba los atributos que el consumidor ha requerido, añadiendo al mismo tiempo un valor agregado para satisfacer nuevas condiciones por el mercado (Govindarajan y Kopalle, 2006).

Son distintas las tecnologías que han sido reconocidas como disruptivas, las cuales se han empleado por ejemplo para la elaboración de limpiadores y desinfectantes utilizados en aviones y barcos; cubiertas de colchones para repeler polvo y sudor; tratamientos especiales para vidrios para repeler agua o insectos; la elaboración de telas adornadas con nanopartículas o nanofibras mejorando sus propiedades sin incremento en cuestión de peso, grosor o rigidez incluso para la prevención en la aparición de enfermedades bacteriológicas y telas resistentes al agua con tratamientos anti manchas, entre otros (National Nanotechnology Initiative, 2015)

Una de esas tecnologías disruptivas es la nanotecnología<sup>1</sup>; esta nueva tecnología es importante porque es realmente mucho más barata que la que se emplea actualmente y tiene un rendimiento y una funcionalidad mucho mayor, por lo tanto es más conveniente de usar debido a que revolucionará mercados de todo el mundo rebasando las tecnologías existentes; por otro lado, Invernizzi y Foladori (2006) argumentan que la nanotecnología tiene la capacidad de cambiar de manera radical y en su totalidad un sistema de producción vigente.

En distintos países la nanotecnología ha incursionado en sus agendas políticas, con la finalidad de implementar políticas enfocadas a la investigación, al desarrollo, a la innovación y a la comercialización, teniendo como base a la nanotecnología; lo anterior comenzó en Estados Unidos en el 2001 con la creación del National Nanotechnology Initiative (NNI) esta

---

<sup>1</sup> Las nanotecnologías pueden definirse como la ciencia, ingeniería y tecnología que trabaja la materia en nanoescala, que va de uno a 100 nanómetros aproximadamente. La nanociencia y nanotecnología implican la capacidad de ver y controlar los átomos y moléculas de forma individual (National Nanotechnology Initiative, 2015)

iniciativa a nivel mundial origino la asignación de sumas importantes de dinero para el desarrollo de la nanotecnología. Así fue cómo inició el trabajo en organismos de ciencia y tecnología no solo en Estados Unidos sino también en Brasil, Rusia, India, China, Alemania, Japón, Corea del Sur y Canadá quienes desplegaron sus propias capacidades aplicables en distintas áreas de esta tecnología. A nivel internacional todos estos movimientos promovieron una nueva revolución económica y tecnológica.

De igual manera le han apostado a la I+D en los centros de investigación, universidades y empresas; apoyándose en los planes e inversiones destinados a este rubro en los últimos años; asimismo Francia ha tenido la visión de asignar inversiones importantes a esta tecnología, lo anterior se debe principalmente a las ventajas que la nanotecnología ofrece como un progreso considerable en los materiales, el desarrollo sustentable que se pueda mejorar y las ganancias que puedan generar (Universidad de Alicante, 2018).

En el caso de América Latina algunos países como Brasil, México, Argentina y Colombia han incorporado a las nanotecnologías como área prioritaria de desarrollo en sus políticas públicas; las expectativas que se generan en torno a la nanotecnología son verdaderamente únicas y prometedoras; la principal característica de estas políticas es el apoyo a la I+D de las nanotecnologías buscando integrar los centros y las universidades públicas con la empresa privada, para potenciar la innovación y la competitividad (Foladori, 2006 y OEI, 2007).

México es un país que está consciente de que la nanotecnología puede ser aprovechada al máximo y lo hace a través de un campo estratégico de políticas de ciencia y tecnología (CONACyT, 2002) y es a partir de 2009 que el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), lleva a cabo financiamientos en conjunto con la Red Nacional de Nanociencia y Nanotecnología a fin de impulsar el desarrollo de centros públicos y privados de investigación en todo el país; lo anterior abre una gran oportunidad a fin de crear conocimiento multidisciplinario y distribuir diferentes aplicaciones de nanotecnología y nanociencia.

Cabe destacar que otro de los fuertes apoyos que se ha dado a la investigación se ve reflejado en el estado de Nuevo León con un clúster especializado en nanotecnología desde 2008, siendo parte de un parque de alta tecnología, el cual agrupa a distintos centros de investigación, universidades, agencias de gobierno y empresas a fin de impulsar la

nanotecnología como una herramienta para incrementar la competitividad de las empresas (CIMAV, 2014).

### **1.1.2 El Problema**

En México, el desarrollo de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación (CTI) son de vital importancia para su desarrollo económico y social, debido a que estas representan un incremento en la productividad y la competitividad de la sociedad; es por ello, que la inversión en este tipo de actividades representa su posicionamiento en una economía del conocimiento y la disponibilidad de recursos es fundamental para la generación de ideas, desarrollos tecnológicos y de innovación, actividades básicas para el desarrollo de la nanotecnología; en 2015, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), señala que México invierte en un año el equivalente a 0.4 % de su Producto Interno Bruto (PIB) en investigación y desarrollo, porcentaje que lo ubica en último lugar, siendo el país más avanzado Suecia, que destina el 3.8 % de su PIB a I + D seguido de Finlandia con 3.5%, Japón con 3.4% y Corea del Sur con 3.1%.

Existen otros indicadores internacionales que permiten observar la inversión que realizan los países en cuanto a ciencia y tecnología; como es el gasto nacional en ciencia, tecnología e innovación (GNCTI), el cual representa un análisis del presupuesto total destinado para la realización de actividades de ciencias tecnológicas y de innovación (CTI) y para México en 2017 fue del 1.05% del PIB.

En lo que se refiere a la investigación y desarrollo experimental, el cual mide la inversión federal en las CTI originadas de tres actividades: investigación y desarrollo experimental (IDE), posgrado, servicios científicos y tecnológicos (SCyT) e innovación; en 2017, México registro \$ 86,214 millones de pesos, por lo que respecta al PIB fue de 0.42%, es importante destacar que el gasto en CTI de este mismo año en el ramo de ciencia y tecnología tuvo una disminución considerable de menos 17.6% y los centros de investigación coordinados de menos de 17.3 %; en un comparativo internacional la aportación de gobierno federal a este indicador disminuyó ampliamente, destacando países como Estados Unidos, Japón y Alemania; México se ubica en los últimos lugares pero arriba de Turquía, Israel y Chile.

Otro indicador importante es el que representa el Gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE), es el gasto ejercido para la generación de un nuevo conocimiento y para su cálculo utiliza tres fuentes de información; la cuenta pública para la contabilización del GIDE público; la Encuesta Nacional en los Hogares (ENGASTO) para el gasto de las familias y la Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET), por lo que el GIDE respecto al PIB fue de 0.48 en 2017, lo cual ubica a México por debajo de naciones como Brasil, Argentina y Costa Rica; haciendo un comparativo con los países de la OCDE la diferencia se incrementa aún más con naciones como Corea del Sur y los países líderes en actividades científicas como Alemania, Estados Unidos, Japón, Canadá, Francia, España y Reino Unido principalmente (CONACyT, 2017), lo anterior demuestra sin lugar a dudas que en lo que respecta a la I+D México es el país más rezagado perteneciente a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Dentro de los indicadores clave de nanotecnología que la OCDE maneja, se menciona el del Gasto en I+D en el sector empresarial; a continuación, se presenta información de los países que han sido beneficiados con este presupuesto (ver tabla 1), siendo México uno de los países que menor presupuesto recibe comparado con Estados Unidos, Japón, Francia, La Federación Rusa e Italia principalmente.

Tabla 1  
*Presupuesto Otorgado por la OCDE I+D al Sector Empresarial 2010 - 2017*

| País            | 2010     | 2011     | 2012     | 2013     | 2014     | 2015     | 2016     | 2017    |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| Estados Unidos  | 13,500.0 | 13,106.0 | 14,054.0 | 16,742.6 | 17,639.7 | 21,616.7 | 25,304.6 | 18,237  |
| Japón           |          | 874.7    | 821.2    | 1,063.0  | 1,234.7  | 894.9    | 945.3    | 905.2   |
| Francia         | 809.5    | 798.4    | 891.7    | 988.9    | 1,008.6  | 956.9    | 1,129.1  | 1,112.7 |
| Federación Rusa | 674.0    | 742.4    | 629.1    | 401.4    | 507.7    | 517.0    | 508.0    | 891.0   |
| Italia          | 233.2    | 221.7    | 273.1    | 267.3    | 269.7    | 220.6    | 182.5    | 204.9   |
| México          | 132.7    | 131.0    | 21.5     | 32.3     | 52.8     | 37.8     | 21.7     |         |

Fuente: elaboración propia a partir de la OCDE (2019)

Por otro lado, el coeficiente de inventiva el cual se refiere al número de patentes por cada 10,000 habitantes con las actividades destinadas de la ciencia y tecnología y este indicador es de vital importancia para comparar en nivel de innovación entre países; para el caso de México es de 0.05, para Brasil 0.21, Estados Unidos 6.45, Corea del Sur 21.89 y por último

Japón 28.84 (CONACyT, 2017) y el índice global de innovación (IGI), el cual considera el gasto en I+D, la preparación de los recursos humanos, el modelo de innovación en los negocios, las capacidades organizativas y operacionales, la fortaleza institucional y la capacidad de innovación de la sociedad.

Instituciones especializadas en el estudio de la competitividad argumentan que todos estos elementos representan aspectos conducentes e indispensables para lograr un incremento de la misma de acuerdo con el Índice Global de Innovación (INSEAD, 2019); estudio sobre el estado de innovación en el mundo que elaboran en el *Institut Européen d'Administration des Affaires*" (INSEAD), la universidad *de Cornell* y la *World Intellectual Property Organization* (WIPO) que ubican a Suiza, Suecia y Estados Unidos encabezando el ranking mundial de innovación. España se sitúa en el puesto 29, por detrás de países como Chipre o Malta. El primer país latinoamericano es Chile, en el puesto 51, seguido de Costa Rica en el 55 y México en el 56 (INSEAD, 2019).

Es importante mencionar que en México el CONACyT es la institución responsable de fortalecer el desarrollo científico en el país, así como la modernización tecnológica y tiene a su cargo la gestión de recursos para proyectos relacionados con nanotecnología y para el fortalecimiento de su infraestructura; a nivel estatal existen programas que están en posibilidad de impulsar esta industria y las inversiones federales y estatales buscan promover estas tecnologías dirigidas principalmente a redes de investigación, centros de investigación y parque industriales (ProMéxico, 2018).

En este sentido, el CONACyT maneja el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), el cual tiene como objetivo la inversión en actividades y proyectos relacionados con la investigación, desarrollo tecnológico e innovación; a través de este programa se han ejercido diferentes presupuestos de 2009 a 2018 (ver tabla 2) en proyectos de nanotecnología, la finalidad de que estos apoyos es que se tenga el mayor impacto sobre la competitividad de la economía nacional; dicho programa considera tres modalidades y son las siguientes:

1. Innovación Tecnológica para las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (INNOVAPYME) esta primera modalidad es a empresas micro, pequeñas y medianas que presenten propuestas de manera individual o en vinculación con al menos una IES y/o CI. Para ser considerada una propuesta vinculada el monto destinado a ese rubro deberá ser igual o mayor al 10% del costo total de la propuesta y no podrá ser en especie.
2. Innovación Tecnológica para las Grandes Empresas (INNOVATEC) este recurso se ha destinado a empresas grandes cuyas propuestas pueden ser presentadas de manera individual o en vinculación con al menos una IES y/o CI. Para ser considerada una propuesta vinculada el monto destinado a ese rubro deberá ser igual o mayor al 10% del costo total de la propuesta y no podrá ser en especie.
3. Proyectos en Red Orientados a la Innovación (PROINNOVA,) estos recursos están destinados a empresas de cualquier tamaño que presenten propuestas en vinculación con al menos dos IES y/o CI.

Tabla 2  
*Presupuesto Otorgado del PEI en Proyectos de Nanotecnología  
 2009 2018*

| <b>Año</b> | <b>Presupuesto Otorgado</b> |
|------------|-----------------------------|
| 2009       | 8,645,226.00                |
| 2010       | 40,287,711.00               |
| 2011       | 27,843,440.00               |
| 2012       | 43,080,811.00               |
| 2013       | 72,894,399.00               |
| 2014       | 83,394,540.00               |
| 2015       | 124,412,729.00              |
| 2016       | 96,223,158.00               |
| 2017       | 38,696,554.00               |
| 2018       | 35,385,866.00               |
| Total      | 570,864,343.00              |

Fuente: elaboración propia a partir del padrón de beneficiarios del PEI del CONACyT.

La inversión total del PEI de 2009 a 2018 asciende aproximadamente a \$ 570 millones de pesos, siendo los años mejor favorecidos de 2013 a 2016 con aproximado de \$ 376 millones

de pesos y los años en los que se ha otorgado un menor presupuesto fue en 2009, 2011, 2017 y 2018 con un aproximado de \$ 110 millones de pesos; es importante observar la disminución del presupuesto a este tipo de proyectos en los dos últimos años ya que solo se otorgaron \$74, 082,420.00.

El interés de México de estudiar a la nanotecnología se ha observado en los apoyos que se han destinado principalmente a los centros de investigación de nanotecnología en los cuales se está llevando a cabo investigación básica y aplicada, logrando en algunos casos fabricar mejores productos gracias a este tipo de tecnología y los posibles efectos que tengan en el mercado. No obstante, en México existe un incipiente acercamiento a la investigación y desarrollo en la aplicación de esta tecnología a la materia prima y productos intermedios a los productos de consumo final (Foladori, et al., 2016).

Robles (2009) argumenta que es un hecho la inexistencia de una iniciativa nacional de nanotecnología lo que ha provocado que el desarrollo de esta ciencia en México avanza, pero de una manera descentralizada en los distintos centros de investigación; por otro lado, existen una serie de acciones que no han logrado concretarse de acuerdo con Záyago-Lau y Foladori (2010), ya que es necesaria una dirección clara y de objetivos específicos; por el momento el desarrollo de la nanotecnología se considera que es inseguro y dudoso y no hay transparencia en las áreas que requieren de ayuda, estos autores hablan también sobre la ausencia de bases de datos, lo cual obstaculiza todo esfuerzo realizado para tener un control, además de no contar con políticas para favorecer el uso de la infraestructura existente.

Es importante resaltar que la investigación de la nanotecnología en México data desde los años noventa, a principios del siglo XXI los fondos públicos se destinaron a laboratorios especializados, al establecimiento de parques industriales y a la creación de redes de investigación; no obstante, estas inversiones y el desarrollo de las nanotecnologías en algunas áreas no existe (Záyago-Lau, et al., 2015).

En México no se tiene conocimiento sobre algún tipo de registro que identifique lo que se investiga, lo que se produce o se vende con esta tecnología y es nula la información

sistematizada de los centros de investigación y universidades públicas; tampoco se cuenta con información de lo que se realiza en el sector privado; lo anterior se complica aún más con la ausencia de un programa o institución con lineamientos establecidos para su desarrollo y control de la información, lo que ha generado lagunas difíciles de subsanar (Záyago-Lau y Foladori, 2010 y Foladori e Invernizzi, 2013).

Finalmente, México al igual que otros países de América Latina dieron prioridad en sus planes de actividades de ciencias tecnológicas y de innovación (CTI) a las nanotecnologías con área prioritaria de desarrollo; pero el análisis realizado por la OCDE en cuanto a políticas en materia de nanotecnología México se encuentra en un gran rezago en esta materia (Foladori e Invernizzi, 2013); por lo tanto, el impacto disruptivo de la nanotecnología en México no es claro aún y es indispensable dar prioridad a investigaciones sobre nanotecnología para no generar atrasos tecnológicos y aprovechar el auge actual de la misma.

### **1.1.3 Pregunta de Investigación**

¿Cuál es el impacto disruptivo de la nanotecnología en México?

### **1.1.4 Justificación de la Investigación**

Existe una necesidad en el mercado por desarrollar productos con propiedades específicas, más eficientes y durables como la superdureza, la elasticidad, un menor coeficiente de fricción mediante la introducción de nanofibras; en el caso de las propiedades ópticas, eléctricas y/o magnéticas pueden mejorarse lo cual se puede ver reflejado en el funcionamiento de adhesivos, pigmentos, biomateriales, baterías y sensores (Bergs y Vancso, 1999).

Otra propiedad de suma importancia en los materiales son los recubrimientos que se necesitan mejorar para el incremento de la resistencia a la abrasión y a la corrosión y que permitirá nuevas aplicaciones; la nanotecnología es precisamente la tecnología que responde a las necesidades antes mencionadas, ya que con el uso de esta se tiene la confianza de que se dará una reducción del desperdicio de materiales, un menor uso de la energía, un bajo nivel en el

área de mantenimiento, una disminución en el uso de sustancias contaminantes, mayor aplicación en la automatización y un incremento en las acciones de reciclado.

La importancia de la nanotecnología se establece en que los materiales a escala de entre 1 y 100 nanómetros presentan propiedades biológicas, físicas y químicas distintas a las que se presentan a una escala mayor o normal a la materia como tal; principalmente los elementos químicos han mostrado distintas formas en una escala nano, por lo tanto, esta particularidad ha permitido diferentes conductas en esa escala lo que ha dado lugar a enormes cambios principalmente en la eficiencia y multifuncionalidad de los productos y su ahorro en el uso de materias primas (VVAA, 2014). Por su parte, Invernizzi y Foladori (2006) señalan que las cualidades que se presentan en la nanotecnología la convierten en una tecnología con efectos disruptivos para diversas economías y para la estructura social.

En cuanto a la eficiencia de productos elaborados con nanotecnologías, por mencionar algunos ejemplos que ya se encuentran en el mercado está el vidrio que se autolimpia; un envase de frutas o verduras que notifica al cliente el estado del contenido de dicho envase a través de colores, o un *nanochip* que analiza, inclusive dentro del organismo. La multifuncionalidad se puede observar en un textil que proteja contra bacterias o que se sufra un accidente y de esta manera se desempeña como una prenda de vestir y de primeros auxilios al mismo tiempo.

Actualmente en el mercado es posible encontrar el calzado elaborado con nanopartículas de plata, el cual impide infecciones en personas enfermas de diabetes, por lo tanto su función es de unos zapatos y de un medicamento simultáneamente y por último el hecho de sustituir o de reducir de manera razonable la cantidad que se utiliza de materias primas puede llevarse a cabo con las nanocápsulas, la cual se hace llegar a células y órganos enfermos y solo se proporciona la dosis del fármaco que se va a utilizar en la cantidad exacta, con ello se va a evitar un gran desperdicio de materia prima.

Otro ejemplo muy importante son los libros digitales que ya están a la venta y en un formato manual, como el *Kindle* de Amazon porque es posible acumular una gran cantidad de hojas que van a sustituir el alto consumo de papel.

Los productos mencionados han sido modificados por tecnologías disruptivas debido a que han sido transformados radicalmente en su sistema de producción vigente; volviendo de alguna manera en obsoletas a las tecnologías actuales (Invernizzi y Foladori, 2006). Por otro lado, la innovación disruptiva busca explicar los cambios y las nuevas entradas en los mercados establecidos y se espera que los clientes convencionales cambien al nuevo producto disruptivo debido a que el objetivo de la nanotecnología es crear un excepcional funcionamiento de artículos, además de ser una herramienta poderosa para examinar ciertos avances tecnológicos en las diferentes industrias (Weeks, 2015).

Cabe hacer mención que la disrupción de acuerdo con Loza y Dabirian (2015) se produce cuando la velocidad con la que los productos mejoran excede la velocidad con la que los usuarios pueden adoptar la nueva tecnología, lo importante es que estas innovaciones estén dirigidas a un conjunto de usuarios cuyas necesidades están siendo ignoradas por los líderes de la industria.

El estudio de la nanotecnología es una oportunidad para crear conocimiento multidisciplinario y provocar que el país sea capaz de generar y difundir las distintas aplicaciones que la nanotecnología y la nanociencia puedan manejar (Peraza y Zúñiga, 2019); explorar la incorporación de esta ciencia en el desarrollo científico es de vital importancia para determinar la dinámica de la innovación que se lleva a cabo y como mejorarlos a través de la retroalimentación y del uso de un stock de conocimientos y al no existir una respuesta hacer investigaciones para dar soluciones por medio de una innovación disruptiva; lo anterior con la finalidad de optimizar el conocimiento sobre los pasos a seguir para el proceso de innovación.

## **1.1.5 Objetivos de la Investigación**

### **1.1.5.1 Objetivo General**

Analizar a través del Modelo de Kline, el impacto de la nanotecnología para establecer la disrupción, aplicado a los centros de investigación en México

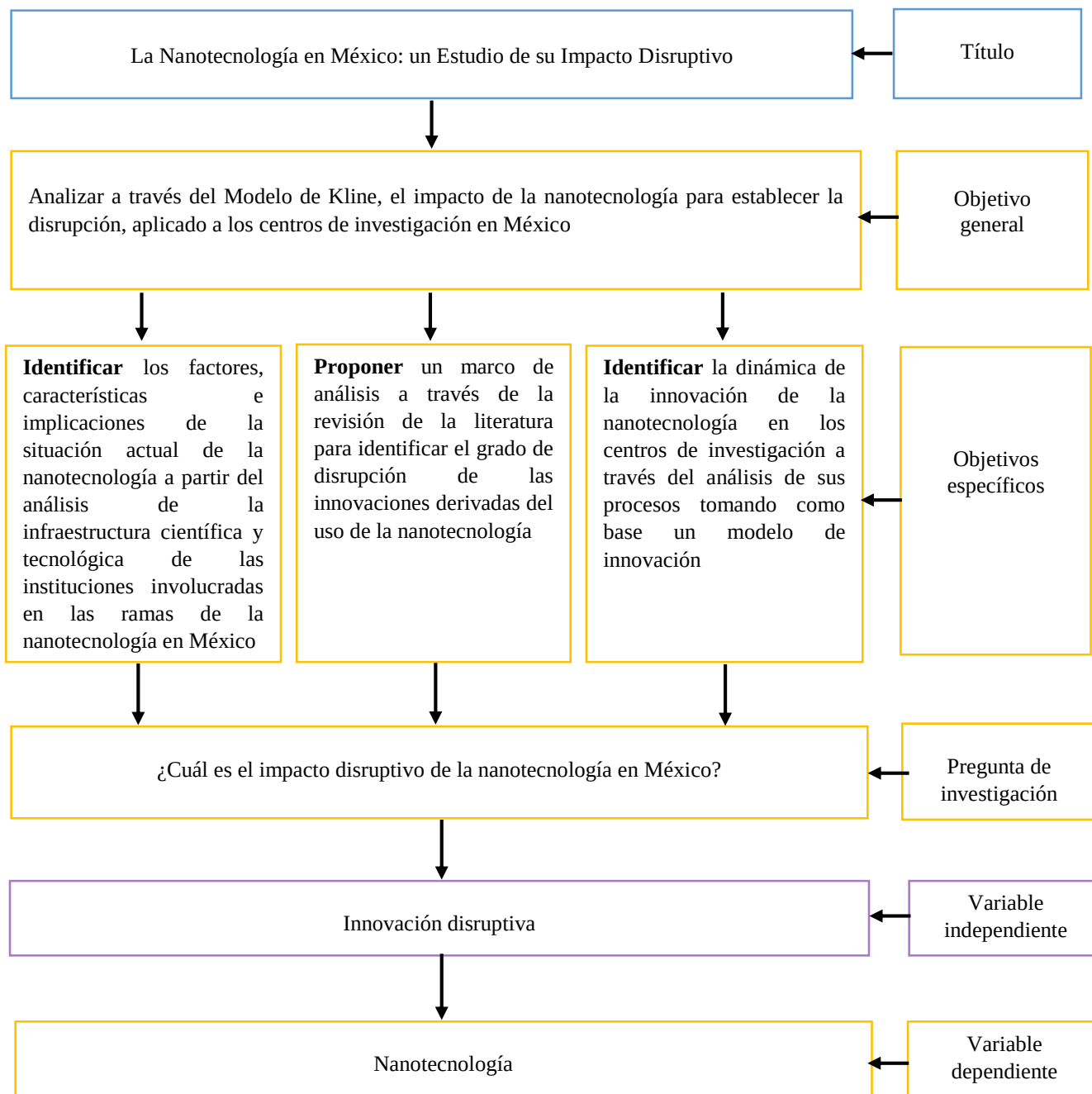
### **1.1.5.2 Objetivos Específicos**

1. Identificar los factores, características e implicaciones de la situación actual de la nanotecnología a partir del análisis de la infraestructura científica y tecnológica de las instituciones involucradas en las ramas de la nanotecnología en México.
2. Proponer un marco de análisis a través de la revisión de la literatura para identificar el grado de disrupción de las innovaciones derivadas del uso de la nanotecnología.
3. Describir la dinámica de la innovación de la nanotecnología en los centros de investigación a través del análisis de sus procesos tomando como base un modelo de innovación.

### 1.1.6 Matriz de Congruencia

Figura 2  
*Matriz de Congruencia*

#### La Nanotecnología en México: un Estudio de su Impacto Disruptivo



Fuente: elaboración propia, 2020

### **1.1.7 Alcances y Limitaciones**

En la presente investigación se estudiarán los centros de investigación de nanotecnología de México a través del modelo de innovación Kline debido a que este relaciona la ciencia y la tecnología en todas partes del mismo y no sólo al principio, como hace el modelo lineal (Barreto y Petit, 2012). Este modelo considera la innovación como una forma de encontrar y solucionar problemas, no como algo totalmente nuevo.

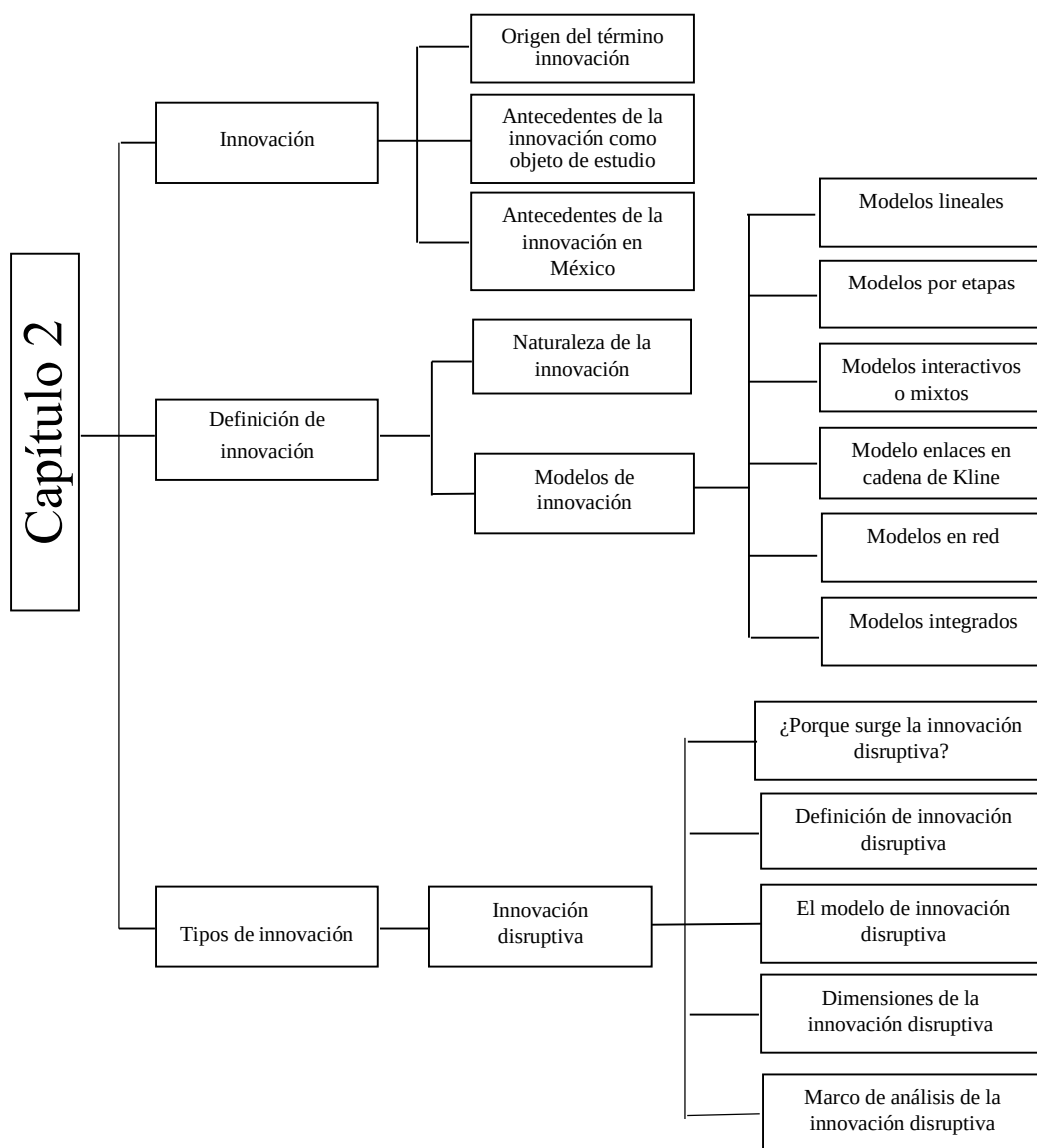
Se han identificado 67 instituciones públicas de investigación académica en las que se lleva acabo investigación nanotecnológica, se incluyen institutos de investigación del sistema de CONACyT como el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), el Centro Nacional de Nanociencias y Nanotecnología (CNNyN) entre otros, con la finalidad de determinar la dinámica de la innovación que se lleva a cabo al interior de estos, lo anterior porque es una necesidad definir las fases del proceso de innovación tecnológica; en cuanto al tamaño de los centros de investigación se va a considerar a todos, como estrategia de recolección de la información se diseñará una entrevista semiestructurada y se contactará a los centros de investigación de todo el país; de igual forma se contactará a expertos en nanotecnología.

Finalmente, se establecerá la situación actual de la nanotecnología para determinar su impacto; las posibles limitantes de la investigación podrían ser; el acceso a información oficial, obtención veraz y oportuna de las respuestas de las entrevistas y la apertura y disposición del personal de los centros de investigación de nanotecnología de acceder a ser entrevistados.

## CAPÍTULO 2. INNOVACIÓN DISRUPTIVA: UN ACERCAMIENTO TEÓRICO

### Contenido:

Figura 3  
Contenido Capítulo 2



Fuente: elaboración propia, 2020

## **2.1 Innovación**

### **2.1.1 Origen del término Innovación**

La innovación es un fenómeno tan antiguo como la humanidad misma, cuya tendencia es pensar en nuevas y mejores formas de hacer las cosas (Fagerberg, 2005). Su estudio involucra utilizar diversas disciplinas de las ciencias duras o exactas tales como las matemáticas, astronomía, física, economía, medicina entre las más destacadas; involucra también a las ciencias blandas y de la naturaleza, como las ciencias sociales y humanas, como la sociología, la psicología, antropología, incluye también a las ciencias aplicadas como la agronomía, la biotecnología y finalmente también considera estudios sobre política, sobre la organización y las ciencias de la gestión (Martín, 2012). Lo anterior se debe a que la innovación tiende a converger con todas las disciplinas existentes en distintos momentos para satisfacer las necesidades detectadas.

El desarrollo del ser humano desde su aparición en la tierra está asociado a diversos inventos y descubrimientos los cuales le han permitido adaptarse a diferentes épocas, dando origen a civilizaciones que han evolucionado constantemente; desde el descubrimiento del fuego, el desarrollo de la agricultura, la invención de herramientas tales como la rueda, piedras talladas, huesos largos de animales utilizados para abrir frutas y descuartizar animales para su alimentación y el desarrollo del lenguaje, hasta las más recientes innovaciones como los avances de diversas disciplinas como la biotecnología o la nanotecnología entre las más actuales y destacadas.

La expresión innovación ha existido desde la aparición de los economistas clásicos, Formichella (2005) señala que existen teorías que se remontan desde el año 1776 que empiezan a tratar este término; lo comenta Adam Smith<sup>2</sup> y lo incluye en su obra “La riqueza de las naciones”, al trabajar con la invención de maquinaria para la división del trabajo y en 1817 David Ricardo<sup>3</sup>, sugiere mejoras técnicas y descubrimientos científicos para

---

<sup>2</sup> Economista y filósofo escocés, exponente de la economía clásica y de la filosofía de la economía, en su obra “La riqueza de las naciones” realiza un estudio acerca del proceso de creación y acumulación de las riquezas, por este trabajo también se le considera el padre de la economía moderna (Cositorto, 2007)

<sup>3</sup> Economista inglés, miembro de la corriente de pensamiento clásico económico, considerado uno de los pioneros de la macroeconomía moderna por su análisis de la relación entre beneficios y salarios y uno de los principales fundadores de la teoría cuantitativa del dinero (Cositorto, 2007)

incrementar la producción, pero reduciendo la mano de obra; se anticipa a las revoluciones tecnológicas y contribuye al crecimiento económico.

Por otro lado, Joseph Alois Schumpeter<sup>4</sup> quien destacó la importancia de los empresarios, de la creación del crédito y de la técnica en el desarrollo económico; retoma la línea de investigación del tema de desarrollo económico trabajado por Adam Smith, David Ricardo y Carlos Marx<sup>5</sup> y hace una combinación de las ideas propuestas por Marx, Karl Menger<sup>6</sup> y Friedrich von Wieser<sup>7</sup> quienes fueron sus antecesores así como de su maestro Eugen von Böhm-Bawerk<sup>8</sup> todos ellos pertenecientes a la Escuela Austriaca de Economía (EAE) e identificaron dos elementos clave: primeramente ubicaron la figura del ser humano, el cual es un dispositivo empresarial que trabaja y coordina las actividades para dar solución a los problemas sociales que puedan llegar a surgir y en segundo lugar se identifican las instituciones sociales que evolucionan de manera natural o espontánea a partir de las interacciones; comparten también las enseñanzas de Marx de los procesos económicos que son orgánicos y que el cambio surge desde dentro del sistema y no desde fuera.

Finalmente se apoya en León Walras<sup>9</sup> sobre la propuesta que éste hace de la “noción de empresario” en lugar de tomarlo como una figura pasiva del sistema de equilibrio general, Schumpeter lo remplazo por un agente activo del progreso económico; este autor destacó la existencia del desequilibrio dinámico, causado por el “empresario innovador” y denominó a las tareas que realizan este tipo de empresario (Drucker, 1994).

---

<sup>4</sup> Economista austro estadounidense, destacó por sus investigaciones sobre el ciclo económico y por sus teorías sobre la importancia vital del empresario, acentuando la función de la innovación que determina el incremento o disminución de la prosperidad en la empresa; su máxima aportación fue su obra denominada “Teoría del desarrollo económico” (Cositorto, 2007)

<sup>5</sup> Filósofo, economista, sociólogo, periodista, intelectual y militante comunista prusiano de origen judío, padre del socialismo científico y del comunismo moderno, su escrito más conocido es el Manifiesto del Partido Comunista, El Capital y El dieciocho Brumario de Luís Bonaparte (Cositorto, 2007)

<sup>6</sup> Economista de origen austriaco, contribuyó al desarrollo de la teoría marginalista, en la cual rechazó las teorías del valor de costo de producción desarrolladas por Adam Smith y David Ricardo (Cositorto, 2007)

<sup>7</sup> Economista y sociólogo austriaco, considerado cabeza del nuevo liberalismo (término peyorativo usado por parte de algunos liberales para descalificar a lo que ellos consideran socialistas “liberales”), apoyaba el individualismo económico como vía hacia la economía social, a medio camino entre el liberalismo clásico y las corrientes económicas socialistas (Cositorto, 2007)

<sup>8</sup> Economista y político austrohúngaro, profesor de economía, considerado junto con Wieser un co-fundador de la escuela austriaca impulsada por Menger, los aportes más relevantes de este autor Capital e Interés; en su teoría de capital introduce algunas consideraciones acerca del tiempo. Parte de que la producción se lleva a cabo por dos métodos: el directo, en el cual los recursos son el trabajo y la materia prima y se da una producción inmediata y el método indirecto, en el cual los recursos que se usan en el método directo se combinan y se acumulan, dando origen a la producción de capital (Cositorto, 2007)

<sup>9</sup> Fundador de la economía matemática; su teoría se basó en supuestos restringidos incluyendo la competencia perfecta, para explicar cómo los precios se pueden determinar dada la existencia de mercancías de capital y para este autor la teoría económica se basa en dos supuestos, por una parte, cada persona o empresa tiende a maximizar su ganancia y por otra parte la demanda de cada bien debe igualar a su oferta (Cositorto, 2007)

Las aportaciones de Schumpeter destacan por las investigaciones que llevó a cabo en relación al ciclo económico y por sus teorías sobre el emprendedor en los negocios, siendo estas de vital importancia debido a que acentúa su papel para estimular la inversión y la innovación que determinan el aumento y la disminución de la prosperidad, además de que difundió el concepto de destrucción creativa (Schumpeter, 1963).

En la teoría de la destrucción creativa Schumpeter describe como una persona puede llevar a cabo nuevas innovaciones y es de la siguiente manera; al introducir nuevos métodos de producción en la creación de una empresa o en una ya existente; en la obtención de ventajas competitivas se aplican los métodos de producción ya existentes pero de manera diferente; cuando se insertan bienes o servicios sustitutos en el mercado, también puede crear empresas con la finalidad de comercializar productos o servicios existentes; además de aperturar nuevos mercados y producir bienes y servicios nuevos.

Por otro lado, dentro de la teoría del desarrollo económico, Schumpeter (1966) considera que el capitalismo debe ser por naturaleza una forma de cambio económico que no puede permanecer estático; por lo que su idea principal fue crear una teoría que describiera la actividad del cambio económico, principalmente cuando identifico que los cambios económicos pueden ser exógenos, es decir causados por factores sociales o políticos o los de carácter endógeno, los cuales se originan de la misma dinámica económica del sistema capitalista (Schumpeter, 1978).

Este autor también realiza un comparativo entre innovación e invención; por un lado la invención es la creación o combinación de ideas nuevas y la innovación radica en la transformación o evolución de un invento, en algo viable de comercializar, ya sea un bien o servicio con la finalidad de satisfacer necesidades de los mercados existentes o satisfacer necesidades creadas por el empresario; desde este punto de vista el oferente y/o empresario es quien establece la estructura del mercado por lo que este autor señala que las innovaciones carecen de valor económico en tanto no se ejecuten, Schumpeter (1963).

Es importante mencionar que Schumpeter fue un economista destacado que manejó el cambio tecnológico, este autor considera la innovación como el motor del desarrollo económico; además, que las innovaciones eran la principal causa de constantes

incertidumbres que experimenta la economía en su desarrollo; por otro lado manifiesta que tanto el crecimiento como el ciclo están vinculados y no es posible separarlos con el modo de producción capitalista, y la clave de la explicación del proceso innovador es la figura histórica del empresario, o emprendedor, de voluntad y energía superiores a la normal.

En este mismo sentido, otros autores como Jevons<sup>10</sup>, Marshall<sup>11</sup>, Pareto<sup>12</sup> y Walras entre los más destacados, desarrollan a finales del siglo XIX y principios del XX la denominada escuela neoclásica; la cual plantea que las empresas cuentan con una función de producción común y que toman sus decisiones en relación a la tecnología con toda certeza con la finalidad de obtener los mayores beneficios.

La teoría neoclásica plantea que el conocimiento tecnológico es explícito, imitable y posible de ser transmitido correctamente; cualquier tipo de empresa puede generar o captar innovaciones a partir de tal conocimiento; además de que considera que la tecnología se desarrolla fuera del ámbito productivo; por otra parte la ciencia es vista como un ámbito externo al proceso económico, por lo tanto las innovaciones siguen una secuencia temporal que se inician con la investigación y el desarrollo, para posteriormente seguir al área de producción y comercialización (Formichella, 2005).

Schumpeter también desarrolló la teoría del emprendedor la cual trabajo con los empresarios que se arriesgaban a crear innovaciones en áreas técnicas y financieras en espera de beneficios y todos estos factores como influían en el crecimiento económico. Posteriormente en la década de los cuarenta retoma el tema del emprendimiento y utilizó el término emprendedor para describir a las personas cuyas acciones originan inestabilidad en los mercados y define al emprendedor como una persona dinámica y fuera de lo común que causa nuevas combinaciones o innovaciones (Schumpeter, 1942). Acto seguido, se relaciona con el Research Center in Entrepreneurial Studies organizado por Arthur Cole en la Universidad

---

<sup>10</sup> Economista británico, escribió varias obras de contenido económico, en las cuales expuso los principios de la teoría marginalista (Cositorto, 2007)

<sup>11</sup> Economista británico, El resultado de sus esfuerzos fue la denominada «síntesis neoclásica», base de la teoría económica moderna; en su obra compaginó conceptos de la economía clásica como riqueza, producción, trabajo, capital o valor con aportaciones de la escuela marginalista como utilidad y utilidad marginal. A los agentes de la producción (tierra, trabajo, capital) añadió un nuevo factor, el de la organización industrial (Cositorto, 2007)

<sup>12</sup> Sociólogo y economista italiano, hizo aportaciones muy relevantes a la teoría del equilibrio, desarrollando los principios de una teoría utilitarista del bienestar (óptimo de Pareto) (Cositorto, 2007)

de Harvard, en dicho centro Schumpeter participó en varias actividades y escribió varias de sus obras sobre el tema del emprendimiento.

En estas obras Schumpeter prevalece nuevamente el fenómeno del emprendimiento, retomando conceptos tales como “*creative response*” el cual caracteriza el problema del emprendimiento y característica de “*getting things done*”, que es un elemento que distingue al emprendedor (Schumpeter, 1947).

Otra de las aportaciones relevantes de este autor se basa en su participación en la teoría de los ciclos económicos con la denominada teoría schumpeteriana; esta teoría Schumpeter la puede enlazar con las innovaciones técnicas por lo que es posible explicar con esto su periodicidad; también afirma que la innovación tecnológica provoca el carácter cíclico de la economía capitalista, esto se logra en el momento que la producción y la productividad se incrementan.

Es importante considerar el concepto neoclásico de “equilibrio” del empleo de los recursos productivos, en esta situación específica del equilibrio los empresarios no cuentan con incentivos para hacer cosas distintas de las que vienen haciendo, por lo que el crecimiento económico surge únicamente por el crecimiento de la población y se incrementa el capital, pero sin innovaciones que sean reales; con esto los empresarios implementan innovaciones tecnológicas con la finalidad de obtener mejores ganancias, lo que origina que se rompa el “equilibrio” mencionado y que en un plazo no muy largo se incremente la demanda del equipo productivo y con ello se estimule la producción para que esta crezca, lo que puede ocasionar precios bajos originando algunas ganancias pero por periodos cortos, y sería el tiempo de duración de la innovación. El punto anterior para Schumpeter es de vital importancia porque la existencia y la periodicidad del ciclo económico están regidos por el ritmo del proceso innovador (Ruttan, 1959).

### **2.1.2 Antecedentes de la Innovación como Objeto de Estudio**

En la segunda mitad de la década de 1950, diferentes autores sociales como R. Solow, J. Coleman, E. Kate, H. Menzel, Z. Griliches, J. March, H. Simon, J. Woodward, R. Nelson, y E. Penrose iniciaron sus trabajos sobre temas relacionados con la innovación, la tecnología o la ciencia, algunos investigadores de economía (también historiadores económicos),

sociología y administración, asimismo psicólogos industriales, científicos de la organización e historiadores de negocios; todos estos autores de distintas disciplinas comenzaron a contactarse y se dieron cuenta de que compartían un interés común, incluso si sus enfoques conceptuales y metodológicos eran muy diferentes; cabe hacer mención que debido a la perspectiva disciplinar que los teóricos de esta época desarrollaron es posible observar la versatilidad de la innovación y su contribución en diferentes áreas (ver tabla 3).

Tabla 3  
*Contribuciones a la Innovación en la Década de los Cincuentas*

| <b>Autor</b>           | <b>Contribución</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Solow (1956)           | Estableció el modelo de crecimiento neoclásico y se atribuye al cambio técnico que el propone la explicación del “residuo” (residuo de Solow) en las regresiones econométricas sobre factores de producción y las series de crecimiento del producto, considerado este un cambio exógeno.                                                                                                                                           |
| Coleman et al., (1957) | De los primeros sociólogos en estudiar las innovaciones, examinaron la difusión de una importante innovación médica (un nuevo antibiótico) entre los médicos, explicando el proceso de difusión en términos de "contagio social" resultante de las discusiones profesionales informales entre médicos.                                                                                                                              |
| Solow (1957)           | Destacó la tecnología como un tercer factor de producción además del capital y el trabajo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Griliches (1957)       | Diseña un "bloque de construcción" central de lo que se convertiría en el campo de los estudios de innovación, sobre la economía del cambio técnico y sobre las tasas de retorno a la I+D.                                                                                                                                                                                                                                          |
| Woodward (1958)        | Se centra en la gestión de la tecnología, analizó la relación entre la estructura organizativa y el desempeño, y mostró que el tipo de tecnología (por ejemplo, producción de procesos continuos, lotes pequeños o lotes grandes) ejercía una importancia significativa, afectando atributos de la organización tales como la centralización de la autoridad, el alcance del control y la formalización de reglas y procedimientos. |
| Nelson (1959)          | Expuso los aspectos económicos de la investigación y es a partir de la noción de conocimiento científico considerado como un "bien público", que llevó a las empresas a no invertir en I + D, solo en niveles socialmente óptimos.                                                                                                                                                                                                  |
| Penrose (1959)         | Establece la teoría del crecimiento de la empresa, fue fundamental en el desarrollo posterior de la "visión basada en los recursos".                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Fuente: elaboración propia a partir de Solow (1956); Coleman et al., (1957); Solow (1957); Griliches (1957); Woodward (1958); Nelson (1959) y Penrose (1959).

En los años cincuenta comienzan a surgir las primeras teorías sobre racionalidad y del crecimiento de la empresa, así como el modelo de crecimiento neoclásico, por otro lado, se destaca el uso de la tecnología y la gestión de la misma; en este tiempo el tipo de tecnología que se ejercía podía afectar la centralización de la autoridad, el alcance del control y la formalización de reglas y procedimientos entre otras factores de la empresa; en este periodo

también participaron algunos sociólogos al estudiar el proceso de difusión de una innovación médica.

Posteriormente, Fagerberg (2005) relata cómo en la década de 1960, comenzaron a surgir los estudios de innovación como un campo de investigación aislado (ver tabla 4); destacando diversos autores que se muestran a continuación:

Tabla 4  
*Contribuciones a la Innovación en la Década de los Sesentas*

| Autor                  | Contribución                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Burns y Stalker (1961) | Considera cómo la innovación técnica se relaciona con diferentes formas de organización (por ejemplo, mecanicista VS orgánico) y los diferentes patrones de comunicación asociados con esas formas organizativas.                                                                                                                                                                                                         |
| Mansfield (1961)       | Experimenta sobre la relación entre el cambio técnico y la tasa de imitación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Chandler (1962)        | Analiza los cambios e innovaciones organizacionales, y el surgimiento de la firma multidivisional; su tesis central es que la estructura sigue la estrategia, siendo está influenciada por cambios en el mercado provocados por diversos factores, incluidos los avances científicos y los avances tecnológicos.                                                                                                          |
| Habakkuk (1962)        | Estudia sobre la tecnología estadounidense y británica en el siglo XIX y la búsqueda de invenciones que ahorran mano de obra como una respuesta a los altos salarios y al escaso trabajo.                                                                                                                                                                                                                                 |
| Gerschenkron (1962)    | Analizó el atraso económico en la perspectiva histórica y destacó cómo los países atrasados podrían aprovechar la acumulación de innovaciones tecnológicas de países más avanzados.                                                                                                                                                                                                                                       |
| Machlup (1962)         | Inicialmente se centró en las patentes, pero se dio cuenta de que eran simplemente parte de una "industria del conocimiento" mucho más amplia que, para entonces, representaba casi el 30% del PIB de los Estados Unidos; Además de ayudar a fundar el campo de la economía de la información, este autor proporcionó quizás la primera formulación de lo que más tarde se conocería como la "economía del conocimiento". |
| Rogers (1962)          | Demostró que la difusión de tecnología e innovación a menudo sigue una curva logística (o 'curva S'), y que aquellos que responden a oportunidades innovadoras pueden diferenciarse en varias categorías (por ejemplo, innovadores, adoptadores, tempranos, tempranos y tardíos y la mayoría y los rezagados).                                                                                                            |
| Scherer (1965)         | Uno de los principales contribuyentes al largo debate sobre la relación entre la innovación y el tamaño de la empresa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Woodward (1965)        | Examinó la relación entre la tecnología y el éxito de las empresas, las empresas exitosas tienden a agruparse estrechamente en torno a las características organizativas más adecuadas para sus tecnologías, mientras que las menos exitosas estaban más dispersas. La tecnología parece influir fuertemente en la estructura óptima de una organización.                                                                 |
| Nelson y Phelps (1966) | Mostraron que las inversiones en educación aceleran el proceso de difusión tecnológica y, por lo tanto, estimulan el crecimiento económico; con gerentes más educados que son más rápidos para introducir nuevas técnicas de producción.                                                                                                                                                                                  |
| Pelz y Andrews (1966)  | Analizaron los efectos de las organizaciones con el desempeño de los científicos e ingenieros, identificando diversos componentes que estimularon la productividad de los investigadores (por ejemplo, autonomía, interacción                                                                                                                                                                                             |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | con colegas, el equilibrio entre la investigación pura y la aplicada y un cierto grado de tensión entre los objetivos personales y organizacionales.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Schmookler (1966) | Se le atribuye el haber presentado el 'modelo de demanda de innovación', un modelo que durante la siguiente década más o menos estuvo en competencia con el modelo de "empuje científico".                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Vernon (1966)     | Estableció un modelo de cuatro etapas del ciclo del producto, en el cual los productos nuevos (es decir, las innovaciones) generalmente se desarrollan primero en los países industrializados y luego se propagan a los países en desarrollo a medida que el producto madura. Esta teoría del comercio del ciclo del producto fue una de varias teorías comerciales "nanotecnológicas" (presentadas para superar las limitaciones de las teorías comerciales neoclásicas y de dotación neo con respecto a su tratamiento de la tecnología y la innovación). |
| Mansfield (1968)  | Realizó estudios sobre la economía del cambio tecnológico, y sobre investigación y desarrollo industrial y de innovación tecnológica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Bass (1969)       | En el área de marketing se formuló un modelo de difusión para nuevos productos de consumo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Landes (1969)     | Llevó acabo el análisis del papel del cambio tecnológico en el desarrollo industrial en Europa durante los últimos 200 años.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Walker (1969)     | Quien observó la difusión de las innovaciones (en la forma de nuevos programas o políticas).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Fuente: elaboración propia a partir de Burns y Stalker (1961); Mansfield (1961); Chandler (1962); Habakkuk (1962); Gerschenkron (1962); Machlup (1962); Rogers (1962); Scherer (1965); Woodward (1965); Nelson y Phelps (1966); Pelz y Andrews (1966); Schmookler (1966); Vernon (1966); Mansfield (1968); Bass (1969); Landes (1969) y Walker (1969).

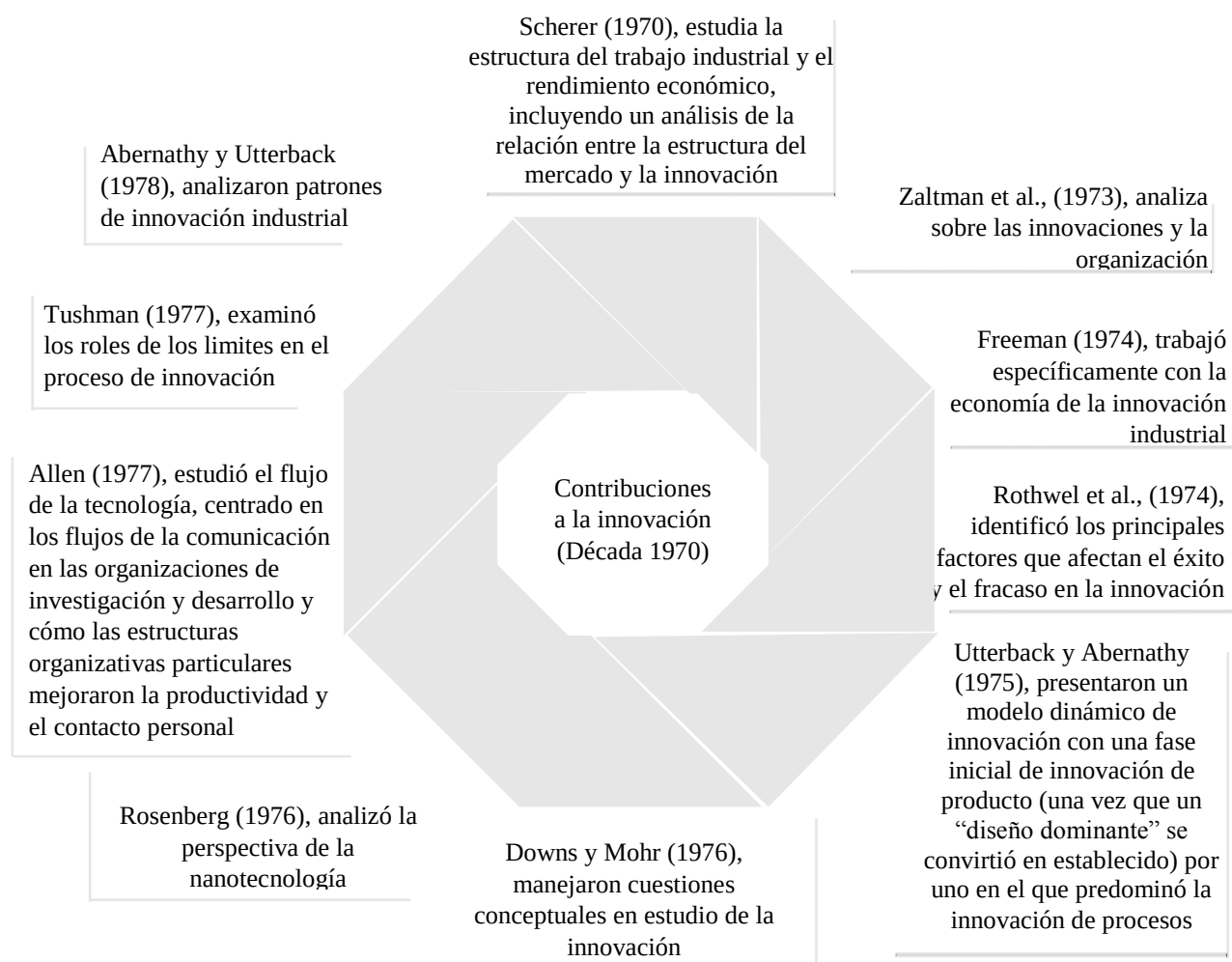
Durante este periodo algunos científicos analizaron tecnologías de otros países sobre el papel del cambio tecnológico en el desarrollo industrial y el atraso económico destacando cómo los países atrasados podrían aprovechar la acumulación de innovaciones tecnológicas de países más avanzados; por otro lado, se realizaron estudios que hacen referencia a que la innovación tiene relación con diversas formas de organización, cambios técnicos y cambios en el mercado; también surgieron diversos modelos como el de la demanda de innovación, el modelo de cuatro etapas del ciclo del producto, el modelo de difusión para nuevos productos y el de logística o curva S.

También se estableció un debate sobre el uso de la tecnología para generar innovación y el tamaño de la empresa debido a que las empresas exitosas se agrupaban por sus características más adecuadas para sus tecnologías debido a que estas influyen fuertemente en la estructura organizativa, definiendo los puntos de vista de los autores en teorías como la del comportamiento de la empresa. Finalmente comienzan a tomar fuerza las patentes, como parte de una "industria del conocimiento" sentando las bases para la "economía del conocimiento".

Las contribuciones a la innovación para el periodo de la década de los setenta se describen en la figura 4.

Figura 4

*Contribuciones a la Innovación en la Década de los Setenta*



Fuente: elaboración propia a partir de Scherer (1970); Zaltman et al., (1973); Freeman (1974); Rothwel et al., (1974); Utterback y Abernathy (1975); Downs y Mohr (1976); Rosenberg (1976); Allen (1977); Tushman (1977); Abernathy y Utterback (1978).

Para la década de los setenta los estudios organizativos tuvieron un gran auge al analizar las estructuras de los mercados para dar pie a diversas cuestiones sobre el éxito y el fracaso de la innovación, considerando perspectivas de tecnológicas, los procesos de innovación entre otras. Asimismo, Martín (2012) explica como en esta época la Unidad de Investigación de

Políticas Científicas de la Universidad de Sussex<sup>13</sup> logró desarrollar estudios de innovación con una gran variedad de disciplinas, logrando así grandes éxitos en la organización.

A principios de los años 80, muchos de sus investigadores empezaron a compartir un cuerpo común de literatura, métodos y conceptos, así como a reunirse más regularmente en conferencias y publicar en revistas específicas de política científica y estudios de innovación como Research Policy, R&D Management and Tecnovación (ver tabla 5). A partir de lo anterior surge lo que gradualmente se ha convertido en un marco conceptual común basado en la economía evolutiva, el modelo interactivo del proceso de innovación y, un poco más tarde, la noción de "sistemas de innovación" y la visión basada en los recursos de la empresa.

Tabla 5  
*Contribuciones a la Innovación en la Década de los Ochenta*

| Estudios sobre desarrollo económico y la relación entre tecnología, empleo, desempleo, cambio tecnológico y ventaja competitiva |   |                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Freeman et al., (1982)                                                                                                          | ➡ | Analizó el desarrollo económico y la relación entre tecnología y el desempleo.                                                                                                                        |
| Jahoda, (1982)                                                                                                                  | ➡ | Exploró la relación entre tecnología y empleo.                                                                                                                                                        |
| Nelson y Winter (1982)                                                                                                          | ➡ | Cambio tecnológico y la innovación para un crecimiento económico.                                                                                                                                     |
| Tushman y Anderson (1986)                                                                                                       | ➡ | Mostraron cómo la tecnología evoluciona a través de períodos de cambios incrementales, marcados por los avances tecnológicos que mejoran o destruyen la competencia de las empresas en una industria. |
| Foster (1986)                                                                                                                   | ➡ | Las empresas deben cambiar de las tecnologías existentes a las nuevas.                                                                                                                                |
| Estudios sobre la adopción de innovación y los cambios en la estructura organizativa                                            |   |                                                                                                                                                                                                       |
| Barle (1986)                                                                                                                    | ➡ | Desarrolló una teoría de cómo la tecnología puede estimular diferentes estructuras organizativas.                                                                                                     |
| Van de Ven (1986)                                                                                                               | ➡ | Analizó los problemas humanos, de proceso, estructurales y estratégicos en la gestión de la innovación.                                                                                               |
| Modelos de innovación                                                                                                           |   |                                                                                                                                                                                                       |
| Ettlie et al., (1984)                                                                                                           | ➡ | Presentaron un modelo del proceso de innovación organizacional.                                                                                                                                       |

<sup>13</sup> El Departamento de Investigación en Políticas para la Ciencia (SPRU por las siglas en inglés Science Policy Research Unif) es un centro académico de la Universidad de Sussex en la ciudad de Brighton, Reino Unido, fundada en 1966, SPRU se especializa en los estudios de política y la gestión para la ciencia, la tecnología y la innovación. Fue llamada la Unidad de Investigación de Políticas Científicas, pero el nombre ha sido cambiado para reflejar la expansión de los intereses de investigación. Es la mayor institución de estudios de ciencia, tecnología e innovación en el mundo.

|                                                                                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kline y Rosenberg (1986)                                                           | ➡ | Presentaron un modelo interactivo denominado “encadenado” del proceso de innovación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Marco de análisis de la innovación                                                 |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Pavit (1984)                                                                       | ➡ | Estableció una taxonomía sectorial de cambio técnico que sería ampliamente utilizada por otros.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Abernathy y Clark (1985)                                                           | ➡ | Desarrollaron un marco para analizar las implicaciones competitivas de la innovación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Sistema nacional de innovación                                                     |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Freeman (1987)                                                                     | ➡ | Fue el primero en presentar el concepto de Sistema Nacional de innovación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Lundvall (1988)                                                                    | ➡ | Analiza el sistema nacional de innovación y desarrolló ideas similares de la innovación como proceso interactivo.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Estudios de Dosi                                                                   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Dosi (1982); Dosi (1988);<br>Dosi, et al., (1988); Dosi,<br>Freeman et al., (1988) | ➡ | Revisaron las fuentes y los efectos microeconómicos de la innovación. Surge un enfoque en la disciplina económica que concibe la innovación como un proceso acumulativo resultante del despliegue de capacidades de aprendizaje tecnológico de las empresas, también analizaron el cambio técnico y la teoría económica, desempeñando un papel importante en el desarrollo de la economía evolutiva. |
| Innovación y espíritu emprendedor                                                  |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Drucker (1985)                                                                     | ➡ | Se centró en la innovación y el espíritu empresarial, argumentando que el emprendimiento no es un talento especializado de unos pocos individuos superdotados.                                                                                                                                                                                                                                       |
| Efectos de los tipos de innovación                                                 |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Dewar y Dutton (1986)                                                              | ➡ | Encontraron que las innovaciones radicales e incrementales tienen diferentes predictores, siendo importante el tamaño de la organización para el primero.                                                                                                                                                                                                                                            |

Fuente: elaboración propia a partir de Freeman et al., (1982); Jahoda, (1982); Nelson y Winter (1982); Tushman y Anderson (1986); Foster (1986); Barle (1986); Van de Ven, (1986); Ettlie et al., (1984); Kline y Rosenberg (1986); Pavit (1984); Abernathy y Clark (1985); Freeman (1987); Lundvall (1988); Dosi (1982); Dosi (1988); Dosi, et al., (1988); Dosi, Freeman et al., (1988); Drucker (1985) y Dewar y Dutton (1986).

En la década de los 90 la generación de innovaciones en las pequeñas empresas provocó un gran desarrollo económico, surgieron diversos términos como innovación arquitectónica, justo a tiempo, producción lean, empresa inteligente entre otras (ver tabla 6) y se desarrollaron diversos modelos como el cíclico de cambio, de difusión de productos, de cuatro etapas denominado “diamante”; el modelo de innovación disruptiva y se explica la importancia del Sistema Nacional de Innovación al ser más que una red de instituciones que apoyan la investigación y desarrollo entre lo más destacado.

Por otro lado, entre las décadas de los 70 y 90 surge un pensamiento evolucionista con un enfoque dinámico que considera que la empresa juega un papel activo en el proceso innovador y los evolucionistas describen que el desarrollo tecnológico es un proceso dinámico, evolutivo, acumulativo y sistémico (Dosi, 1988; Nelson y Winter, 1977, 1982; Pavitt y Patel, 1991).

El desarrollo tecnológico dio pie a la creación del departamento de I+D gubernamental, se tiene como antecedente que en 1870 se introdujo la primera innovación institucional de un departamento de I+D industrial interno, la innovación de productos y procesos por parte de las empresas surgió por primera vez un siglo antes de este dato, pero fue la industria alemana de colorantes (Beer, 1959), la que se percató de la rentabilidad al poner un negocio llevando a cabo la investigación de nuevos productos y el desarrollo de los mismos.

Siguieron sus pasos Hoechst, Bayer y BASF, consolidando así una posición líder en la industria química alemana, empleando a un sin número de científicos e ingenieros; el enorme éxito de esta industria abrió el camino a la imitación de la innovación social del departamento de I+D en las empresas químicas en otros países, tal es el caso de Suiza; surgiendo así este tipo de laboratorios.

En los Estados Unidos y en las industrias eléctricas alemanas, los laboratorios internos de investigación y desarrollo surgieron en la década de 1880, otros laboratorios contratados por el Instituto Edison, tuvieron un papel relevante en los sistemas comerciales de los Estados Unidos; Así mismo, esta época se destacó por los estudios enfocados a la relación entre la estudios de innovación, resaltando aquellos que se centraron en ciertos aspectos de la investigación o I+D, desarrollo de nuevos productos, nuevas tecnologías e innovaciones, los cuales reconocieron la importancia de la tecnología y la innovación a través de la creación de nuevos conceptos y nuevos modelos.

Al mismo tiempo, los laboratorios especializados de I+D se caracterizaron como un elemento fundamental de las grandes empresas; lo que representó un cambio en el comportamiento industrial y el crecimiento de los laboratorios gubernamentales, de institutos independientes de investigación por contrato y de la investigación universitaria (Mowery, 1983; Hounshell, 1984; Hughes, 1989); durante las últimas décadas se han fundado nuevos centros y

departamentos de investigación, enfocándose en el papel de la innovación en el cambio económico y social; los cuales tienen una orientación interdisciplinaria, dando lugar así a la necesidad de estudiar la innovación desde diferentes perspectivas; originando con esto la creación de diversas revistas y asociaciones profesionales (Freeman, 1995).

Con el tiempo los centros de innovación han cambiado de un sector a otro, de una región a otra, incluso de un país a otro; a mediados del siglo XIX y durante un largo periodo de tiempo el centro mundial de la innovación estaba en el Reino Unido, y la productividad y los ingresos de su población se incrementaron respectivamente a sus países vecinos; para finales del siglo, los centros de innovación; algunos ya considerados modernos como los de tecnologías químicas y eléctricas de la época se reubicaron a Alemania.

Por otra parte, desde hace mucho tiempo el Centro Mundial de la Innovación se encuentra en EE. UU.; lo que le ha permitido a este país que la mayor parte del siglo pasado haya disfrutado de la más alta productividad y nivel de vida en el mundo; por lo tanto, el ascenso de los EE. UU., al liderazgo tecnológico mundial fue asociado al crecimiento de nuevas industrias (Fagerberg, 2005).

Tabla 6  
Contribuciones a la Innovación en la Década de los Noventa

| Autor                           | Contribución                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Acs y Audretsch (1990)          | Demuestran la creciente importancia de las pequeñas empresas para generar innovaciones y crecimiento económico.                                                                                                                        |
| Anderson y Tushman (1990)       | Analizaron los efectos de las discontinuidades tecnológicas sobre diseños dominantes, desarrollando un modelo cíclico de cambio.                                                                                                       |
| Chandler (1990)                 | Desafió la visión económica convencional en la que las organizaciones están conformadas por los mercados, reemplazándola por una en la que las organizaciones empresariales, los mercados y las tecnologías evolucionan conjuntamente. |
| Eisenhardt y Schoonhoven (1990) | Exploraron el crecimiento organizacional en empresas de base tecnológica.                                                                                                                                                              |
| Henderson y Clark (1990)        | Introdujeron la nueva categoría de "innovación arquitectónica" y examinaron los desafíos de gestión que esto plantea.                                                                                                                  |
| Romer (1990)                    | Desarrolló una teoría más completa del crecimiento basada en el cambio tecnológico endógeno.                                                                                                                                           |
| Womack et al., (1990)           | Analizó en las empresas occidentales los enfoques japoneses de los procesos de producción e innovación (por ejemplo, los conceptos de "justo a tiempo" y "producción lean").                                                           |
| Grossman y Helpman (1991)       | Señalaron la importancia de la inversión en I + D y los efectos secundarios derivados de la explicación de la relación entre innovación y crecimiento.                                                                                 |
| Aghion y Howitt (1992)          | Describe la teoría del crecimiento endógeno.                                                                                                                                                                                           |

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dougherty (1992)            | Identificó ciertas "barreras interpretativas" que impiden que las posibilidades tecnológicas y de mercado se vinculen efectivamente y por lo tanto impiden la innovación.                                                                                                                                                 |
| Quinn (1992)                | Utilizó un término estrechamente relacionado de la "empresa inteligente" para describir un enfoque de gestión que integra con flexibilidad tecnologías innovadoras y nuevos paradigmas de servicio para mejorar el rendimiento empresarial.                                                                               |
| Davenport (1993)            | Señaló el papel cada vez más central de la tecnología de la información en la implementación de la innovación de procesos.                                                                                                                                                                                                |
| Freeman (1994)              | Señala que un Sistema Nacional de Innovación es más que una red de instituciones que apoyan la investigación y desarrollo, incluye también redes de relaciones entre empresas y vinculaciones entre usuarios y productores de tecnología de todas clases, así como los sistemas de incentivos y políticas gubernamentales |
| Eisenhardt y Tabrizi (1995) | Consideraron la mejor manera de acelerar los procesos de adaptación                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Jones (1995)                | Produjo una versión modificada del modelo de Romer más consistente con los datos de series de tiempo sobre el gasto en I + D y las tasas de crecimiento                                                                                                                                                                   |
| Christensen y Bower (1996)  | Construyeron el modelo de innovación disruptiva para explicar; por qué las empresas pueden perder su posición de liderazgo industrial ante el cambio tecnológico                                                                                                                                                          |
| Mowery et al., (1996)       | Analiza las transferencias de conocimiento entre empresas dentro de alianzas estratégicas que utilizan una técnica novedosa para medir el cambio en las capacidades tecnológicas de una empresa                                                                                                                           |
| Hargadon y Sutton (1997)    | Estudiaron el papel de la intermediación tecnológica en el desarrollo del producto                                                                                                                                                                                                                                        |

Fuente: elaboración propia a partir de Acs y Audretsch (1990); Anderson y Tushman (1990); Chandler (1990); Eisenhardt y Schoonhoven (1990); Henderson y Clark (1990); Romer (1990); Womack et al., (1990); Grossman y Helpman (1991); Aghion y Howitt (1992); Dougherty (1992); Quinn (1992); Davenport (1993); Freeman (1994); Eisenhardt y Tabrizi (1995); Jones (1995); Christensen y Bower (1996); Mowery et al., (1996) y Hargadon y Sutton (1997).

Para finales de los años 90 y principios de siglo, surgieron nuevos enfoques para impulsar los sistemas de innovación; el análisis de los autores se orientó en los actores de la creación del conocimiento para fomentar la innovación desde una perspectiva sistémica; el análisis de estos autores dejaron de lado aspectos de producción tecnológica, las patentes y su impacto en la estructura industrial y por el contrario retomaron aspectos característicos de las instituciones como el conocimiento, la producción y la tecnología (ver figura 5).

Durante la década de los años dos mil surgieron modelos, instrumentos de medición y dispositivos para medir la innovación; los cuales se centraban en la capitalización de capacidades endógenas de las empresas y en el aprovechamiento de condiciones institucionales exógenas, con la idea de que el carácter sistémico de la innovación debe de ir acompañado de políticas que incorporen la noción del sistema, también se encontró que los instrumentos derivados de las políticas encaminadas al fomento de la innovación dejaron de ser exclusivamente directas y verticales, combinándose con instrumentos de carácter

incitativo y más horizontal, es importante resaltar que la OCDE estableció un nuevo marco definitorio para la medición de la innovación, en el que enfatiza en la propuesta de nuevos instrumentos de política pública.

En esta época también se desarrolló la relación entre universidades, industria y el gobierno la cual se caracterizaba en términos de una triple hélice; en este proceso, las universidades jugaron un papel central en la economía del conocimiento; por otro lado, se llevaron a cabo estudios sobre las capacidades de las ciudades para atraer a la clase creativa y traducir esa ventaja en nuevas ideas y nuevos negocios de alta tecnología siendo esto esencial para el crecimiento económico.

Surge el término “innovación abierta” la cual puede brindar oportunidades a los países emergentes en la medida que existan capacidades de aprendizaje y absorción tecnológica, permitiendo así acelerar procesos de transferencia y apropiación de conocimiento, de acercamiento a la frontera tecnológica y de escalonamiento industrial.

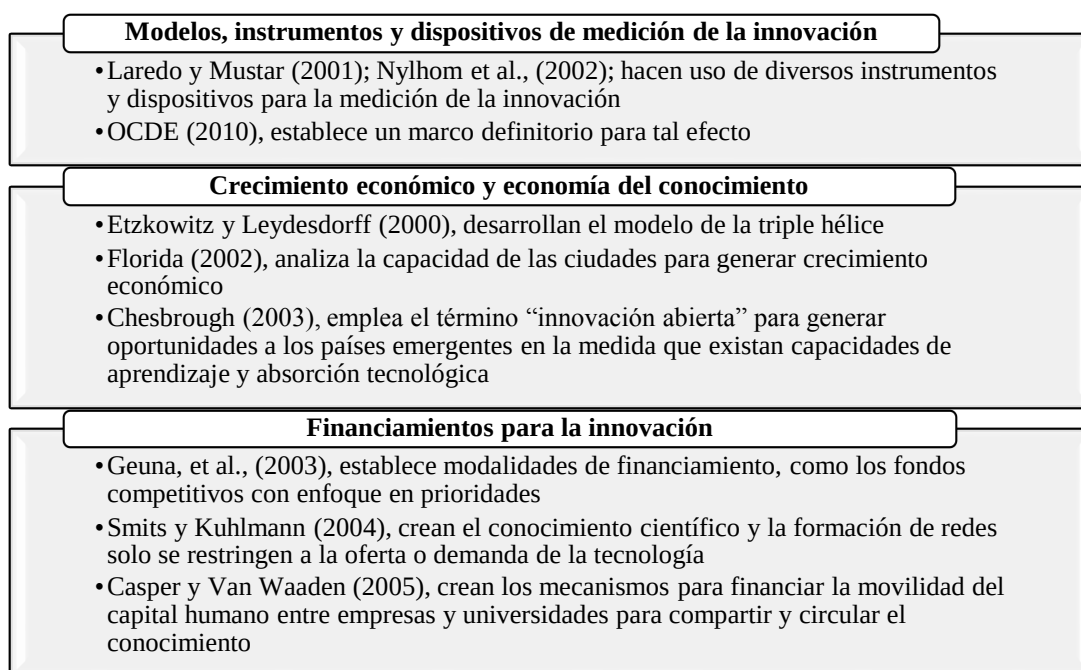
Autores como Geuna (2003), Smits y Kuhlmann (2004) y Casper y Van Waaden (2005) destacan en sus investigaciones nuevas modalidades de financiamiento a la investigación e innovación, como los fondos competitivos con enfoque en prioridades; además de considerar que los mecanismos para financiar la movilidad del capital humano entre empresas y universidades como una forma de compartir y hacer circular el conocimiento y para la creación del mismo y la formación de redes colaborativas de investigación científica y colaborativa es posible involucrar dimensiones como la infraestructura y no solo limitarse a la oferta o demanda de la tecnología.

Mientras tanto, Castells (2013) presume que la innovación se ubica en los albores de una cuarta revolución industrial, la cual comenzó a principios de este siglo y se basa en la revolución digital; esta se caracteriza por un internet más universal, por sensores más pequeños y potentes, de una inteligencia artificial y el aprendizaje de la máquina; el alcance de esta revolución es más amplio debido a que se tienen más avances en ámbitos de genética, nanotecnología, energías renovables hasta la computación cuántica y es la fusión de estas tecnologías y su interacción a través de los dominios digitales, biológicos y físicos lo que

hace diferente a esta cuarta revolución industrial y estas mismas tecnologías emergentes y la innovación se está difundiendo mucho más ampliamente.

Este mismo autor visualiza que las innovaciones tecnológicas más importantes están por generar cambios trascendentales y dependiendo de la escala del cambio y el alcance del mismo la disrupción y la innovación se palpan poderosamente; es decir, la rapidez del desarrollo y difusión de la innovación está imparable y es más aceptada que nunca y los disruptores de hoy.

Figura 5  
*Contribuciones a la Innovación a Principios de Siglo*



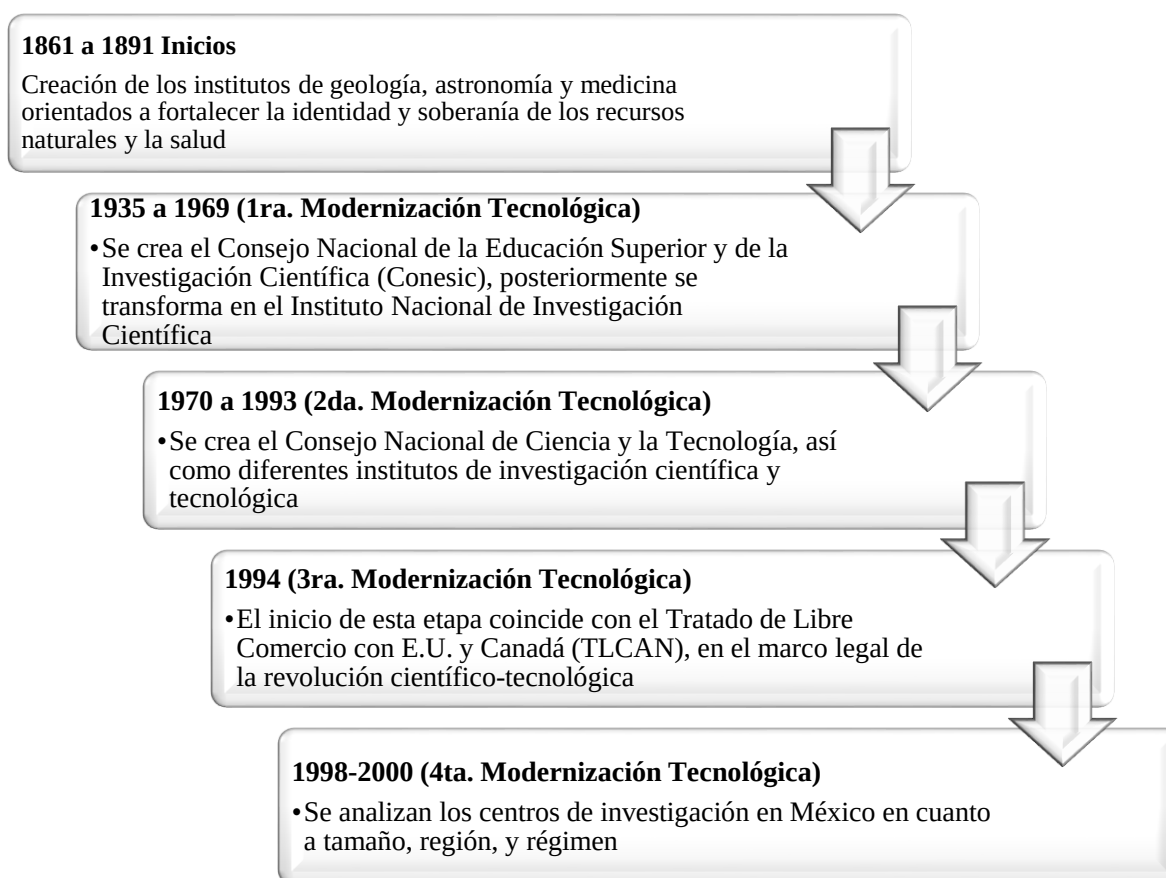
Fuente: elaboración propia, a partir de Laredo y Mustar (2001); Nylhom et al., (2002); OCDE (2010); Etzkowitz y Leydesdorff (2000); Florida (2002); Chesbrough (2003); Geuna, et al., (2003); Smits y Kuhlmann (2004); Casper y Van Waaden (2005).

### 2.1.3 Antecedentes de la Innovación en México

La infraestructura que se desarrolló en México de los ferrocarriles y la electricidad durante los años de 1859 a 1932 representó el ingreso de la revolución industrial a este país y la producción se enfocó al mercado, es decir la demanda interna de materiales y maquinaria se satisface con importaciones; de esta manera no existe la necesidad de crear capacidades

tecnológicas; mientras tanto se originan una serie acontecimientos en los sexenios de “Modernizaciones Tecnológicas” (ver figura 6) que plasmaron los inicios de la innovación en México (Corona, 2002).

Figura 6  
*Inicios de la Innovación en México*



Fuente: elaboración propia a partir de Corona (2002).

El desarrollo, creatividad y emprendimiento en México se ha dado a través de su recurso humano, el cual le ha proporcionado al mundo importantes tecnologías, por ejemplo la primera patente del mundo por la televisión a color la obtuvo Guillermo González Camarena, por otro lado Víctor Celorio, escritor mexicano es el inventor del instaBook, la cual es una tecnología capaz de encuadernar un libro en un proceso de solo 2 minutos o del químico mexicano Luís Miramontes quien es coinventor de la progestina, la cual es utilizada en las primeras pastillas anticonceptivas (Wood, Wilson y García, 2014).

Con el paso del tiempo; se han creado diversos centros de investigación, que hoy en día representan una fortaleza en las capacidades de investigación en el país; se identifican cinco periodos (ver figura 7), que definen la innovación en el siglo XX; de acuerdo con Corona (2002).

Figura 7  
*Periodos de Investigación de Innovación en México en el Siglo XX*

|                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Hasta 1958, de despegue centralizado, en la Ciudad de México</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se establecen diversos centros de investigación en la Ciudad de México y durante este periodo los organismos de política científica y tecnológica, Conesic e INIC no establecen políticas de investigación</li> </ul>                                                                                                                              |
| <b>De 1959 a 1976, crecimiento regional de la infraestructura de investigación</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se dan cuatro fases que describen este periodo: despegue, crecimiento regional, disminución y recuperación del crecimiento; los cuales dependen del número de centros de investigación que se fundaron en ese momento</li> </ul>                                                                                                                   |
| <b>De 1977 a 1988, de despegue de las empresas innovadoras</b>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• En este periodo se observa una disminución en la creación de centros de investigación (solo se fundaron 8), pero algunos son reorganizados</li> </ul>                                                                                                                                                                                              |
| <b>De 1989-1994, Crecimiento de las empresas innovadoras</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• En el Programa Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica de este periodo, se busca fortalecer la creación de centros de investigación; por lo que tienen registrados 13; todos ellos fuera de la ciudad de México; de hecho esta es la mayor concentración regional observada</li> </ul>                                                     |
| <b>De 1995-2000, declinación de las EBT y de los CIEBT Empresas de Base Tecnológica</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se crean ocho centros de investigación, por lo que se considera una caída, pero se reorganizan otros centros ya existentes. Para este periodo el Programa de Ciencia y Tecnología apoya el desarrollo de las instituciones de investigación y enseñanza de todo el país y fomenta el desarrollo del sistema de centros de investigación</li> </ul> |

Fuente: elaboración propia a partir de Corona (2002).

Es importante mencionar que también hubo un periodo de fundación de empresas de base tecnológica (EBT), o empresas innovadoras a partir de 1989, la cual surge a la par de la creación de los centros de investigación mencionados anteriormente. Por otro lado, el ambiente de la innovación en México se ve impactado en 1995 con el TLCAN, al convertirse México en una economía abierta, porque se originan nuevas políticas públicas y gubernamentales para promover la generación de fondos de riesgo diseñados para las

distintas etapas del proceso de innovación de productos o procesos y para su difusión en el mercado.

De acuerdo con Corona (2004) el periodo de declive de las EBT es propiciado por las dificultades institucionales que afectan un ambiente económico negativo para la innovación tecnológica, es decir dependen del uso y aceptación de las nuevas tecnologías orientadas a las modificaciones, mejoras o nuevos productos o a las mejoras en los procesos productivos,

Por lo tanto, la causa principal del declive de este periodo, de las incubadoras de empresas de base tecnológica como las dificultades de mantener los procesos de innovación tecnológica es sin lugar a dudas la falta de financiamiento; pero por otro lado surgen algunos cambios institucionales que permitió el desarrollo de capacidades de investigación; creándose los Centros Públicos de Innovación, desde abril de 2002 cuyos recursos los obtienen por un porcentaje de la venta de sus servicios tecnológicos y buscan mayor financiamiento propio.

Otro acontecimiento relevante es la creación del Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECyT) 2001-2006, en el cual se destaca el papel de las empresas y a la competitividad como uno de sus objetivos principales; además de que en este programa se observa ya un uso constante del concepto de Sistema de Ciencia y Tecnología; lo que representa un gran paso del modelo de innovación en México a uno internacional y así aprovechar las capacidades de innovación empresariales que ya fueron creadas.

El término SI (Sistema de Innovación) comienza a desarrollarse a finales de los años ´70 y se termina de estructurar en la década de los ´90 (Castro y Fernández de Lucio, 2001) y es considerado una red de instituciones en los sectores públicos y privados cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías (Freeman, 1987).

Por lo anterior es un sistema, es decir un complejo de elementos interactuando; este conjunto de instituciones y empresas, al interactuar, comparten conocimiento y habilidades que contribuyen al desarrollo y a la difusión de nuevas tecnologías creando un ambiente de

innovación; por lo tanto la interdependencia entre empresas e instituciones facilita que se formen redes de cooperación y competencia y que por medio de ellas se generen procesos de transferencia tecnológica que hagan posible que se produzcan cambios o mejoras técnicas organizacionales y/o institucionales (Jasso, 2004).

Dentro de un SI existen externalidades positivas, las actividades de I + D son más eficientes cuando las empresas interactúan entre ellas, además se producen efectos de transmisión de la información y las novedades, y de acceso a recursos calificados (López y Lugones, 1998).

En cuanto a los elementos que conforman un sistema de innovación, Jasso (2004), enumera los siguientes:

1. Los centros de investigación y desarrollo públicos, las universidades y las entidades con capacidad tecnológica sin ánimo de lucro
2. Los recursos de innovación de las empresas, incluyendo, naturalmente, sus laboratorios y centros de I + D, pero no sólo ellos, puesto que el concepto de innovación es más amplio que el de tecnología
3. Los establecimientos de formación y enseñanza
4. Los organismos gubernamentales encargados de la promoción y control de actividades científicas y tecnológicas y su coordinación con las empresas
5. Los mecanismos de financiación

También es necesario considerar el entorno productivo, científico, tecnológico y de equipos avanzados, el entorno financiero, y el educacional; pero es necesario que para que puedan ser considerados un sistema, deben relacionarse entre sí; por lo tanto, las innovaciones se desarrollan en base a los esfuerzos de las empresas, las relaciones y la cooperación ínter empresarial que origina un aprendizaje interactivo y en base a un entorno institucional que haga más simple acceder a la información tecnológica disponible en el mercado.

## 2.2 Definición de Innovación

La innovación desempeña un papel fundamental en las organizaciones; no es fácil conceptualizarla porque comprende diversas implicaciones en la organización, por lo tanto, surgen diferentes definiciones de este concepto; una de las más aceptadas por su valor práctico en estudio del fenómeno de innovación es la que emana del Manual de Oslo de la OCDE (2005), el cual señala que innovar es:

*“La introducción de un nuevo o significativamente mejorado producto (bien o servicio), de un proceso, de un método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o de las relaciones exteriores” (p. 56).*

Por otro lado, Schumpeter (1934) desde el punto de vista económico consideraba a la innovación como el resultado de las revoluciones tecnológicas, e impulsora del crecimiento económico, por lo que la definió de la siguiente manera:

*“El ingreso en el mercado de un nuevo bien o una nueva clase de bienes, la introducción de un nuevo método de producción, la apertura de un nuevo mercado, la conquista de una nueva fuente de suministro de materias primas o productos semielaborados, independientemente de si ya existe o tiene que ser creada, y la implantación de una nueva estructura de mercado” (p. 73).*

Actualmente en la literatura existen definiciones de innovación por parte de autores que se han interesado por el estudio de la misma (ver tabla 7), a continuación, se presentan algunas de ellas sin existir aún una definición única y uniformemente aceptada.

Tabla 7  
*Definiciones de Innovación*

| <b>Autor</b>             | <b>Concepto</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Freeman (1982)           | "Es el proceso de integración de la tecnología existente y los inventos para crear o mejorar un producto, un proceso o un sistema, la innovación en un sentido económico consiste en la consolidación de un nuevo producto, proceso o sistema mejorado" (p.42).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Nelson y Winter (1982)   | "La innovación es: a) los nuevos productos o servicios, nuevos procesos, y nuevas estructuras organizacionales que las compañías utilizan para competir entre ellas y satisfacer la demanda de los clientes; b) La adopción de una nueva idea, proceso, producto, o servicio, desarrollado internamente o adquirido externamente como una función de las habilidades técnicas, estratégicas y administrativas de una compañía" (p. 56).                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Drucker (1985)           | "Es la herramienta específica de los empresarios innovadores; el medio por el cual explotan el cambio como una oportunidad para un negocio diferente (...) Es la acción de dotar a los recursos con una nueva capacidad de producir riqueza. La innovación crea un 'recurso'. No existe tal cosa hasta que el hombre encuentra la aplicación de algo natural y entonces lo dota de valor económico" (p.72).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Kline y Rosenberg (1986) | "Es una reorganización de la producción, estrictamente en las funciones internas; sustituyendo materiales de un producto, modificando el proceso de producción y generar así un nuevo producto" (p.34).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Dosi (1988)              | "El término innovación se relaciona con el descubrimiento, experimentación, desarrollo, imitación y adopción de nuevos productos, nuevos procesos de producción y nuevas formas organizacionales" (p. 15)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Villavicencio (2006)     | "Representa la capacidad de los actores de las empresas para crear conocimientos productivos nuevos y procesos, pero también nuevas formas organizacionales, gracias a la interacción de los conocimientos tácitos y codificados, y a la codificación de partes del conocimiento tácito. Todo ello, en el marco de los espacios de aprendizaje delimitado por la codificación tecnológica y organizacional de la empresa y por las relaciones sociales que construyen los actores en el seno de la empresa" (p. 235).                                                                                                                                                                                                                    |
| Jasso (2010)             | "Contribuye a incidir en mejoras en la posición competitiva, al aumentar las cuotas del mercado como efecto de nuevos productos, mejora en la atención del cliente, excelente calidad, menor precio resultado de las mejoras del proceso o incluso una atención y respuesta más rápida a los clientes, esto es, actuar y hacer más rápido en comparación con los competidores. Ser capaz de hacer algo que nadie más puede o hacerlo de una mejor manera es fuente de ventaja competitiva" (p. 216).                                                                                                                                                                                                                                     |
| Villavicencio (2012)     | "Es entendida como un proceso que va desde la concepción de una idea novedosa, pasando por el diseño, la elaboración del prototipo, el escalonamiento del proceso, hasta la comercialización de un producto nuevo para el mercado global o regional. Ese proceso incluye diversos grados de uso y articulación del conocimiento disponible, de adaptaciones tecnológicas y organizacionales, de relaciones entre actores ubicados en distintos lugares de una o varias cadenas de valor, de vínculos e intercambios institucionales en el nivel productivo, científico, financiero, entre otros y para llevarse a cabo la innovación requiere un proceso permanente de aprendizaje tecnológico y organizacional de las empresas" (p. 28) |

Fuente: elaboración propia a partir de Freeman (1982); Nelson y Winter (1982); Drucker (1985); Kline y Rosenberg (1986); Dosi (1988); Villavicencio (2006); Jasso (2010); Villavicencio (2012).

Hacer una conceptualización de la innovación no es sencillo, debido a la diversidad de definiciones y elementos que integran el concepto, aunque de manera general es posible

identificar tres elementos de acuerdo con (Crossan y Apaydin, 2010 y Barreto, 2017); que sobresalen en las definiciones para determinar que es una innovación: la primera es novedad, es decir algo nuevo; la segunda es su aplicación, uso práctico o comercialización y la tercera es que la innovación debe transformarse en procesos que originen ideas y esas ideas deben de convertirse en actividades cotidianas dentro de las organizaciones, con la finalidad de lograr la novedad y con ello la ventaja competitiva.

A continuación, se hace un análisis de algunas definiciones del concepto innovación llevadas a cabo por autores tales como Freeman, Nelson y Winter, Drucker, Kline y Rosenberg, Dosi, Villavicencio y Jasso; básicamente la innovación tiene su origen en el desarrollo de nuevas ideas, las cuales sumadas al elemento valor muestran la diferencia con la creatividad como una capacidad de la empresa y esta necesita del conocimiento para el cumplimiento de objetivos y de su gestión para alcanzarlos e introducirse más fácilmente al mercado; una vez que estos se establecen en un nuevo mercado puede afectar procesos, equipos o formas de operar por lo tanto afecta transformando su productividad en puntos tales como bajar costos, ser más eficientes, incluso en su competitividad, con la finalidad de producir un nuevo producto y que se fabrique de diferente manera o se comercialice.

Después de haber hecho la revisión de literatura sobre este término se identificó primeramente a la innovación como la aplicación de un conocimiento nuevo para lograr una mejora o concebir un producto, proceso o servicio nuevo que sea aceptado en el mercado; en una segunda instancia la innovación es un mecanismo a través del cual las organizaciones esperan alcanzar ventajas competitivas y adquirir ganancias en una sociedad con incertidumbre; lo anterior debido a que es posible ofrecer productos a un costo menor o bien poder incursionar en nuevos mercados, nuevas fuentes de suministros de materias primas, incluso la creación de nuevas estructuras organizacionales para lograr ganancias.

Para lograr lo anterior es necesario considerar una serie de activos que de alguna manera complementen el proceso además de contar con capacidades de aprendizaje; siendo también indispensable tener un apropiado “Sistema Nacional de Innovación”.

Los autores mencionados en la tabla 7 también destacan de manera general que en la innovación pueden mejorarse procesos para crear nuevos productos y servicios; incluso estructuras organizacionales o pueden renovarse los existentes; el hecho de establecer la adopción de nuevas ideas, procesos, productos y formas organizacionales pueden llevar a una reorganización en la producción interna o en la sustitución de materiales de un producto.

Autores mexicanos como Jasso y Villavicencio enfatizan en una ventaja competitiva que las empresas deben de crear con la innovación y es a través de nuevos productos o servicios con nuevas tecnologías, mejores materiales, a un precio excepcional, con una mejor calidad y una adecuada atención al cliente.

Para efectos de esta investigación se trabajara con las definiciones que proporcionan Jasso, 2010 y Villavicencio, 2012; debido a los elementos que destacan; principalmente Villavicencio por considerar a la innovación como un proceso que incluye la concepción de una idea novedosa, su diseño, elaboración del prototipo, escalonamiento del proceso hasta la comercialización del nuevo producto y/o servicio; y por su parte Jasso al proponer nuevos productos, con mejor calidad a un menor precio resultado de las mejoras del proceso; finalmente es hacer algo que nadie puede hacer.

No se debe perder de vista que el proceso de innovación considera diversas etapas o fases que van desde la idea inicial hasta la comercialización del producto en el mercado, cada una con diferentes niveles de riesgo e inversión en lo que se refiere a I+D y, por lo tanto, demandan diferentes clases de financiamiento.

### **2.2.1 Naturaleza de la Innovación**

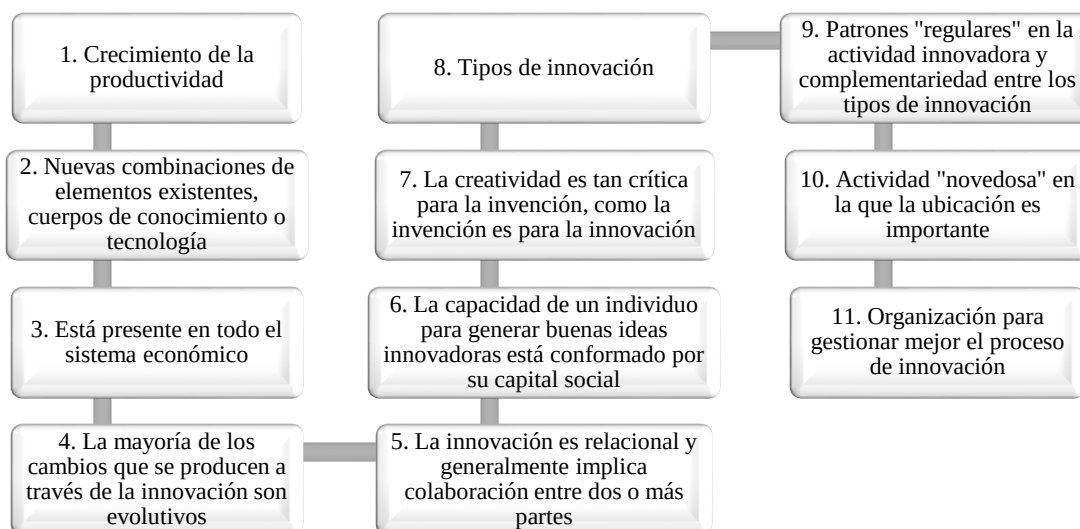
Los primeros trabajos sobre la naturaleza de la innovación se centraron principalmente en la innovación impulsada por cambios técnicos, generalmente en el sector manufacturero. En la revolución industrial a menudo se veía impulsada por cambios tecnológicos, encarnados en invenciones como la máquina de vapor o la máquina de hilar. Sin embargo, la revolución industrial también fue el resultado de cambios sociales, políticos y económicos, y no se presta

a explicaciones simplistas y a menudo engañosas del desarrollo económico basadas en el determinismo tecnológico.

Los principales instrumentos de medición de los estudios de innovación son las encuestas de I + D, patentes y publicaciones académicas, todas tienden a centrarse en la generación y el uso de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos dado que las herramientas de medición se concentran en este tema, investigadores y gobiernos han hecho lo mismo, tendiendo a centrarse en la innovación en los sectores 'medidos' en los que existe una gran cantidad de I + D, patentes y publicaciones.

Por lo tanto, la naturaleza de la innovación, se concentra a partir de las conclusiones obtenidas de la elaboración de una serie de estudios de innovación, en los cuales se desarrollaron un conjunto de declaraciones que se basan en forma consistente, resultados recurrentes de décadas de investigación empírica, los cuales se muestran en la figura 8.

Figura 8  
*Naturaleza de la Innovación*



Fuente: elaboración propia a partir de Abernathy y Utterback (1978); Griliches (1981); Cohen y Levinthal (1989); Griliches et al., (1991); Brynjolfsson (1993); Scott y Bruce (1994); von Hippel (1994); Tushman y O'Reilly (1996); Klepper (1997); Edmondson (1999); Leonard y Swap (1999); Damanpour y Gopalakrishnan (2001); Hargadon (2003); Rogers (2003); Burt (2005); Leiponen (2005); Corbalán (2008).

1. La innovación desempeña un papel importante en el crecimiento de la productividad: se ha demostrado el incremento de productividad por la adopción de tecnologías de información; tal es el caso de Wal-Mart y otros grandes minoristas, fue lo que indujo a mejoras de productividad; además del mayor cambio en la naturaleza de la productividad en el sector de los semiconductores (Brynjolfsson, 1993).
2. La mayor parte de la innovación implica nuevas combinaciones de elementos existentes, cuerpos de conocimiento o tecnología: Schumpeter, sugirió que la innovación debería ser definida como 'nuevas combinaciones'. Las innovaciones no son novedosas en sí mismas; son combinaciones novedosas de elementos que ya existen, son una recombinación de elementos existentes en nuevas formas (Hargadon, 2003).
3. La innovación está presente en todo el sistema económico: está altamente concentrada en pocas áreas como en los sectores tecnológicos, cuyo ritmo y dirección son diferentes; en algunos casos se utiliza para introducir nuevos productos, procesos, y servicios que en otros; el ritmo de la innovación puede ser capturado por medidas de inversión, tales como inversiones en I + D (Griliches, 1981; Griliches et al., 1991) o mano de obra calificada (Cohen y Levinthal, 1989; Leiponen, 2005), o en la rotación de la industria, como el número de empresas nuevas y las salidas de empresas antiguas (Abernathy y Utterback, 1978 y Klepper, 1997).
4. La mayoría de los cambios que se producen a través de la innovación son evolutivos, son adaptaciones incrementales de los elementos, productos y tecnologías existentes: estos cambios se producen a través de la introducción de innovaciones incrementales, mejorando productos, procesos y servicios existentes. Por otro lado, surgen las innovaciones radicales, las cuales generan atención y emoción, captando el interés de la prensa y de los consumidores.
5. La innovación es relacional y generalmente implica colaboración entre dos o más partes: es decir, requiere la interacción entre diferentes personas, equipos y funciones para alcanzar el éxito; generalmente los individuos proporcionan la idea y dirección para que surja una gran innovación, pero son los equipos los que transforman las ideas en innovaciones.

6. La capacidad de un individuo para generar buenas ideas innovadoras está conformada por su capital social: la buena voluntad y recursos a los que pueden recurrir de sus contactos personales (Burt, 2005). El carácter relacional de la innovación se refleja en el hecho de que su valor se atribuye a las reacciones de los clientes y usuarios. Una innovación en sí misma no tiene valor; es sólo el consumidor o la demanda de negocios que crea la innovación y conduce al valor. (Rogers, 2003).
7. La creatividad es tan crítica para la invención, como la invención es para la innovación, pero estos conceptos son independientes y elementos distintos del proceso de innovación: La creatividad es una capacidad que puede ser innata, basada en la composición genética de un individuo heredada en parte de su biología (Corbalán, 2008), pero gran parte de ella se basa en la experiencia personal, entrenamiento y esfuerzo. Por otra parte, la percepción de un individuo sobre el clima organizacional apoya la producción creativa e influye fuertemente la probabilidad de que generaran ideas nuevas y útiles (Scott y Bruce, 1994). Además, los individuos necesitan trabajar en equipos con líderes empáticos, que toleran el fracaso y les proporcionan un grado de seguridad para emprender actividades que rompen con la norma (Edmondson, 1999).
8. Existe una amplia gama de diferentes tipos de innovación
9. Existen patrones "regulares" en la actividad innovadora a lo largo del tiempo y una fuerte complementariedad entre los diferentes tipos de innovación: lo anterior es que la innovación de servicios puede crear oportunidades para la innovación de productos, procesos para nuevos productos y nuevos productos para nuevos procesos. La evidencia de las encuestas de innovación encuentra una fuerte complementariedad entre los diferentes tipos de innovación. Ambos están a menudo presentes simultáneamente y la creación de múltiples formas complementarias de innovación al mismo tiempo puede ayudar a estimular un mayor rendimiento de la empresa (Damanpour y Gopalakrishnan, 2001).
10. La innovación es una actividad "novedosa" en la que la ubicación es importante: la actividad innovadora se está convirtiendo en un fenómeno interconectado y tiende a permanecer 'novedoso' en lugares específicos. Las inversiones en innovación y los

resultados tienden a concentrarse en centros globales, donde los principales actores se congregan, se mezclan y compiten.

Dentro de las organizaciones, la ubicación conjunta de individuos sigue siendo un mecanismo crucial para permitir el flujo de efectivo de conocimiento entre personas que tienen que trabajar juntas para producir innovación. Como resultado, las organizaciones prestan cuidadosa atención al diseño de su I + D y las facilidades de desarrollo para crear 'espacios para la innovación'. Una razón para que esta necesidad sea estrecha es que el conocimiento mismo a menudo puede ser característico como 'novedoso' (von Hippel, 1994); difícil de expresar, transferir y dependiente del contexto.

11. Hay un conjunto claro de rutinas que se desarrollan en la organización y que pueden ayudar a organizaciones para gestionar mejor el proceso de innovación: los intentos para desarrollar estas rutinas que apoyen la creación y el desarrollo de nuevas ideas, además de permitir su ejecución y entrega, se concentra en atender este desafío para crear estructuras organizativas separadas para apoyar diferentes formas de innovación; una unidad para explorar nuevas ideas creativas, radicales y otra para explotar y desarrollar mejoras incrementales en ideas existentes (Tushman y O'Reilly, 1996). Al hacerlo, una organización sería ambidiestra, aprovechando ambos modelos de soporte innovador; de hecho, este modelo organizativo ha sido ampliamente adoptado por las empresas, que a menudo crean unidades organizativas separadas para diferentes tareas innovadoras con prácticas de trabajo y recursos humanos que contrastan.

Las organizaciones han buscado desarrollar rutinas para apoyar la creatividad, esto incluye facilitar autonomía a los innovadores, otorgando una parte del tiempo para que los individuos trabajen fuera de sus planes oficiales de proyecto; se busca crear equipos fluidos y dinámicos que reúnan disciplinas y funciones. En particular, las organizaciones innovadoras han adoptado equipos de desarrollo de productos, incluyendo representantes de diferentes departamentos para ayudar a trabajar juntos en un proyecto de I + D (Leonard y Swap, 1999).

El panorama del conocimiento para la innovación se ha vuelto complejo y a medida que el nivel de investigación e interés por esta se incrementa es posible esperar más avances y

cambios en la comprensión de su naturaleza. Como una ciencia progresiva, el estudio de la innovación está abierta a la "destrucción creativa" y más con la llegada de fuentes de información nuevas, más ricas y más poderosas.

En cuanto a la naturaleza de los esfuerzos innovadores de los actores públicos y privados, existe una oportunidad importante para transformar lo que se conoce sobre innovación para ayudar a su gestión.

### **2.2.2 Modelos de Innovación**

La innovación es considerada una fuente de ventaja competitiva debido a su desempeño dentro de la organización (Dess y Pickens, 2000); además trata de llevar al mercado ideas novedosas a través de productos o servicios nuevos o mejorados en cuanto a sus características o el uso al que se destinen, generando así un nuevo valor para los clientes y afectando de esta manera el proceso de producción o de distribución; el propósito es obtener una comprensión más clara del concepto de innovación y sus elementos esenciales.

Se han llevado a cabo diversas pruebas para modelar la innovación, lo que ha originado el uso de modelos intentando explicar el proceso de innovación; el proceso lo definen Collier y Evans, 2009; Lager, Halberg y Erickson, 2010; como un conjunto, secuencia o interrelación de actividades; es fundamental que las organizaciones identifiquen claramente cuál es su proceso de innovación porque van a saber cómo organizar sus actividades para poder llevar a cabo innovación e incluso poder evaluar sus resultados.

De la diversidad de modelos de innovación existentes en la literatura, autores como Forrest 1991; Hobday, 2005; afirman que no existe un modelo explicativo claro y definitivo desde que nace una invención hasta que ésta posicionada en el mercado; además de presentar algunas insuficiencias y no se ha desarrollado un modelo del proceso de innovación general; por otro lado, aún no llegan a un consenso en el momento de especificar las etapas en el proceso de innovación de acuerdo con King y Anderson (2003). A continuación, se documentan los principales modelos sobre el proceso de innovación más destacados y aceptados en la literatura.

### 2.2.2.1 Modelos Lineales: Impulso de la Tecnología y Tirón de la Demanda

Estos modelos son denominados como de Impulso o Empuje de la Tecnología o de la Ciencia (*Technology Push*), surgen durante la década de los cincuenta hasta mediados de los sesenta cuando el crecimiento económico en gran medida y a través de la rápida industrialización y expansión crea nuevas oportunidades tecnológicas, de acuerdo con Rothwell (1994).

Para Hobday (2005), los modelos de innovación de primera generación, eran lineales y simples, que trataban la innovación como un proceso secuencial que tuvo lugar en etapas discretas; describe que suponían que el descubrimiento científico precedió e "impulsó" la innovación tecnológica a través de la investigación aplicada, la ingeniería, fabricación y comercialización.

Estos modelos presentan una linealidad, que supone un escalonamiento progresivo, secuencial y ordenado (ver figura 9); es una manera de comprender como el proceso de innovación tecnológica inicia con la investigación básica; es decir de un conocimiento científico; continuando con una investigación aplicada capaz de generar un prototipo y así finalizar con la producción y comercialización de las innovaciones generadas (Nuchera, et al., 2002; Velasco, Zamanillo y Gurutze, 2007 y Palacio y Goviria, 2016).

Figura 9

*Modelo de impulso de Tecnología y Tirón de la Demanda*



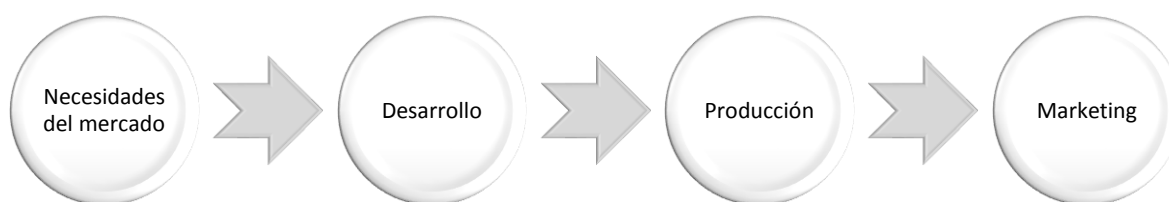
Fuente: elaboración propia a partir de Rothwell (1994).

El modelo anterior fue sustituido a mediados de la década de los sesenta hasta principios de los setenta por el Modelo de Tirón de la Demanda (*Market Pull*), el cual se observa en la figura 10; en este Rothwell (1994) describe que el empleo manufacturero fue estático, mientras la productividad y la concentración industrial se incrementó; por lo tanto los nuevos productos fueron introducidos basados principalmente en tecnologías existentes; la oferta y

la demanda estaban en equilibrio y con ello se permitió que grandes y eficientes compañías lucharan por una cuota de mercado.

Para estos modelos de demanda Hobday (2005), describe que son de naturaleza lineal, enfatizando el papel del mercado y la investigación de mercados en la identificación y respuesta a las necesidades del cliente; (Velasco, et al., 2007; López, Blanco y Guerra, 2009 y Palacio y Goviria, 2016), refieren como se da una especial atención al comportamiento del mercado en el proceso de innovación; aquí la principal fuente de innovación eran las necesidades de los consumidores que originaron actividades de investigación y desarrollo con la finalidad de lograr un conocimiento y desarrollar productos o servicios de mayor calidad.

Figura 10  
*Modelo de Tirón de la Demanda*



Fuente: elaboración propia a partir de Rothwell (1994).

Es importante mencionar que este modelo presenta una deficiencia de acuerdo con Sánchez (1996), y está relacionada con la secuencia y el orden que se establece para el proceso de innovación, puesto que la secuencia puede ser distinta y puede presentar variaciones durante su desarrollo debido a que es posible que no se requieran determinadas fases del proceso para generar innovaciones, y en otras, la secuencia sea distinta; perdiéndose de esta manera la noción de fases y etapas, siendo más viable tener un proceso interactivo. Por otro lado, estos modelos también fueron criticados porque carecían de retroalimentación o intercambios de información y contaban con una sola fuente de innovación (Velasco, et al., 2007; López, et al., 2009 y Palacio y Goviria, 2016).

### **2.2.2.2 Modelos por Etapas**

Conocidos como Modelos de Tercera Generación; surgen a principios de los setenta y mediados de los ochenta, en medio de altas tasas de inflación y saturación de la demanda, un creciente desempleo estructural y las empresas tuvieron la necesidad de adoptar estrategias de consolidación y racionalización (Rothwell, 1994); este autor describe al modelo como ‘un modelo altamente simplificado, pero sin embargo más representativo del proceso de innovación’.

Rothwell observó también que el proceso de interacción no era necesariamente continuo, sino podría entenderse en términos de etapas funcionalmente interactivas e interdependientes, involucrando complejas vías de comunicación y vínculos intra e interorganizacionales diferente a los dos modelos anteriores (ver figura 11), el modelo interactivo vincula explícitamente la toma de decisiones de empresas a la comunidad de ciencia y tecnología y al mercado.

En este modelo, se observa al proceso de innovación como una serie de etapas consecutivas, especificando y detallando cada una de las actividades que se desarrollan en cada etapa; así como los departamentos involucrados (Rothwell, 1994). Estos modelos conciben de igual manera que los modelos lineales y a la innovación como un proceso lineal a través de una serie de etapas (Velasco, et al, 2007; Palacio y Goviria, 2016); en su forma más simple el modelo está formado por 2 etapas: la concepción de la idea o innovación y la comercialización de dicha idea.

Es interesante observar cómo estas etapas se fueron ampliando con las aportaciones de distintos autores (Cooper, 1994, Utterback, 1996 y Rothwell, 1992); los cuales anexan una etapa más a las actividades; quedando las tres etapas siguientes: generación de ideas utilizando diferentes fuentes; la siguiente etapa es el desarrollo de la idea, es decir la invención como tal y finalmente la implementación y difusión, lo que conlleva a la solución o el invento al mercado, que implica involucrar la ingeniería, la manufactura, la prueba de marketing y la promoción.

De acuerdo con Mansfield, Forrest (1991) desarrolla un modelo que contiene 5 etapas y comprende desde las actividades de investigación hasta el proceso de producción. Finalmente, Saren (1984) describió el proceso de innovación de acuerdo a los departamentos que la empresa involucró; iniciando básicamente con la idea como entrada (*input*), en el departamento de I+D, siguiendo con el departamento de diseño, posteriormente ingeniería, siguiendo con producción, marketing y por último obtuvo como salida (*output*) del proceso, el producto. Una de las principales debilidades de estos modelos es la falta de interrelaciones entre actividades o departamentos debido a que estos se encuentran aislados; así como la falta de retroalimentación (Saren, 2007 y Sánchez, 1996).

Figura 11  
*Modelo por Etapas Departamentales*



Fuente: elaboración propia a partir de Rothwell (1994)

### 2.2.2.3 Modelos Interactivos o Mixtos

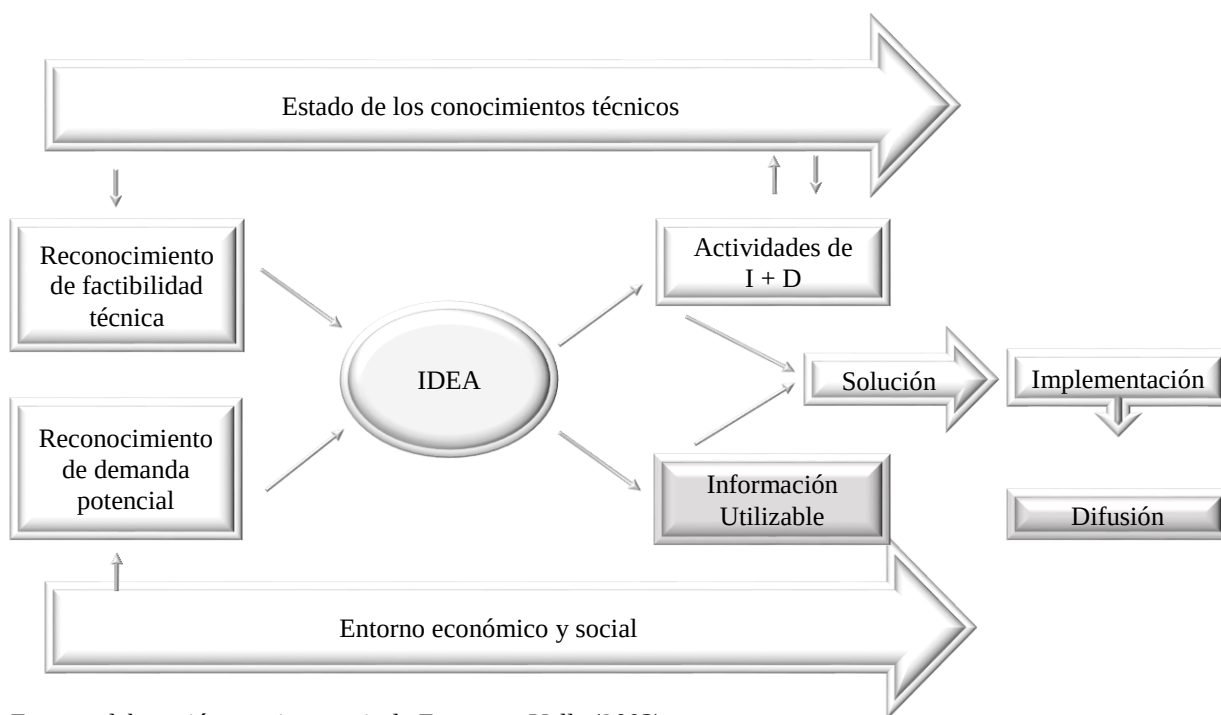
Rothwell (1994) denominó a los modelos interactivos o mixtos como modelos de Tercera Generación, considerados por las empresas como mejor práctica (*best practice*); estos modelos se desarrollaron a partir de finales de la década de los setenta e inicios de los ochenta; estos reunían elementos de los dos modelos anteriores, enfatizan en la interacción entre las capacidades tecnológicas y las necesidades del mercado y destacan la importancia de los procesos retroactivos entre las diferentes etapas de la innovación y se acepta que el uso de las innovaciones se originan en el mercado.

Velasco et al., (2007) destacaron que en estos modelos desarrollaron una lógica que diera lugar a un proceso con los menores errores posibles, así como los menos desperdicios de recursos y que las bases de las innovaciones exitosas estaban desarrolladas en los mercados; por su parte, López et al., (2009) mencionan que los modelos mixtos dan un especial énfasis

a los procesos de retroalimentación, la interacción entre capacidades tecnológicas y las necesidades del mercado.

Dentro de los modelos interactivos sobresalen el Modelo Mixto de Innovación de Marquis; este modelo considera como las innovaciones se originan en las ideas que se desarrollan en cualquier departamento y no precisamente en donde se fabrica el producto (ver figura 12); sino en aquellos departamentos que tienen mayor contacto con sus consumidores finales (Escorza y Valls, 2003).

Figura 12  
*Modelo Mixto de Innovación de Marquis*



Fuente: elaboración propia a partir de Escorza y Valls (2003)

#### 2.2.2.4 Modelo Enlaces en Cadena de Kline

Por otro lado, Kline (1985) ha propuesto un modelo alternativo, denominado «Modelo Enlaces en Cadena de Kline» (ver figura 13), el cual tiene cinco cursos de principal actividad que a continuación se describen; los caminos son vías que conectan las tres áreas de

relevancia del proceso de innovación: el proceso de la cadena central de innovación, el conocimiento y la investigación.

En el **trayecto inicial**, se muestra la cadena central de innovación (C), en esta área el mercado establece la innovación; en la que la necesidad del mercado conduce a un invento o diseño analítico (siendo esta la segunda etapa del modelo); el siguiente componente de la cadena es la invención o el diseño analítico, que de acuerdo con Escorza y Valls (2003) resulta de un artefacto o sistema que le da forma a la idea inicial y que enseguida pasa a un proceso de diseño más detallado que termina en un prototipo, incorporando diversos elementos para su mejor aceptación en el mercado.

Ocasionalmente el innovador tiene la creencia que sus aplicaciones son limitadas; por lo tanto, es necesario el rediseño del producto para que realmente pueda satisfacer una necesidad. El rediseño se hace sobre los productos de la propia empresa para conseguir una mayor penetración en el mercado; pero también es posible aplicarlos a los productos de la competencia con la finalidad de mejorarlos en cuanto a sus funciones y, posteriormente, comercializarlos en el mercado con la marca propia (proceso que recibe el nombre de imitación creativa).

En la etapa de producción, después de que se ha diseñado el producto, es decir, después de que se han completado las etapas de I+D, el invento aún es susceptible de mejorarlo; en esta etapa las mejoras son el efecto de desarrollar una habilidad creciente en la producción, que contribuye principalmente a reducir costos; la participación en el proceso productivo depende de la oportunidad de hacer observaciones, entrenamientos y experiencias; las actividades productivas siempre implican tipos especializados de conocimientos, muchos de los cuales pueden ser sólo para ciertos procesos industriales, que contribuyen a mejorar la eficiencia de la tecnología en uso.

El **segundo trayecto** se refiere a los eslabones de retroalimentación (h, f, F); los cuales hacen referencia a tres tipos de mecanismos de retroalimentación: primero, el círculo pequeño de retroalimentación (h) conecta cada fase de la cadena central con su fase previa (por ejemplo,

distribución y venta con producción); segundo, el círculo grande de retroalimentación (f) proporciona información sobre las necesidades del mercado a las fases precedentes del proceso de innovación tecnológica, y, finalmente, la retroalimentación que proviene del mercado (F) y proporciona información sobre la posibilidad de desarrollar nuevas aplicaciones industriales. Los resultados de las investigaciones realizadas al respecto confirman cómo la aplicación más importante de una tecnología nueva no es siempre la planificada; estas rutas de retroalimentación son cíclicas.

El **tercer trayecto** describe la cadena-eslabón de conocimiento e innovación (K-R); este eslabón entre el conocimiento y la innovación no es sólo unidireccional, regularmente surge un problema en una actividad de la cadena central de la innovación tecnológica, se acude al conocimiento existente; el punto de partida lo constituye la explotación de las capacidades tecnológicas, aunque es posible cómo se maneja en otras áreas y departamentos contribuir con importantes conocimientos tecnológicos, éstos generalmente se originan en el departamento de I+D, cabe destacar que este es el punto de referencia que detona el nombrar a éste el modelo de cadena-eslabón.

En este trayecto la invención tratará inicialmente de conectarse con el conocimiento existente que, de no ser suficiente, obligará a llevar a cabo una investigación con objeto de generar nuevo conocimiento que permita desarrollar la invención. La llamada al conocimiento se indica mediante la línea 1 que liga la invención al pequeño círculo etiquetado con la letra K en la capa conocimiento. Si éste proporciona los datos necesarios en cuanto a conceptos o teorías la información es reubicada al invento o diseño analítico, lo que se refleja mediante la flecha 2. Si no existe tal información, entonces hay que realizar una investigación, lo que se indica mediante la flecha 3 desde el círculo K al círculo R. El retorno se refleja en la línea 4; los resultados de la investigación se añaden asimismo al stock de conocimientos. Un conjunto similar de conexiones acontece a lo largo de toda la cadena central de la innovación.

El acceso a los resultados de las investigaciones efectuadas en los distintos países e instituciones no es una tarea sencilla; dicho acceso está relacionado con el grado de participación de los investigadores; sin embargo, disponer de estos resultados resulta

imprescindible para el desarrollo de futuras innovaciones; es de vital importancia impulsar el contacto de los investigadores y técnicos con colegas de otras empresas e instituciones; con medidas como la colaboración Universidad-Empresa, publicaciones en revistas científicas, la participación en congresos y la realización de seminarios inter e intra empresariales, con la asistencia de científicos relevantes de la especialidad de que se hable. Es posible que se considere tanto la investigación científica (básica y aplicada) y la investigación tecnológica; esta última incluye la investigación industrial en procesos; es importante destacar que la investigación es la herramienta básica utilizada en la creación del conocimiento, pero es el conocimiento acumulado y el sistema construido por ese conocimiento es el que proporciona la entrada para la innovación convencional y el uso del conocimiento acumulado llamado ciencia moderna, el cual es esencial para la innovación moderna; por otro lado, es entendible que cuando se desea innovar no se comenzará con la investigación; se deberá iniciar con el estado del arte, a los conocimientos personales acerca de los principios que gobiernan el mundo en esa área, posteriormente se acude a la literatura, consulta a colegas o se asesora de expertos, oficina de patentes.

Cuando se observa que el conocimiento que necesita no está disponible abandona o inicia la investigación; a este respecto, la historia de la tecnología menciona que transcurre por término medio una década desde que comienza la investigación hasta que ésta afecta al producto o al proceso (Kline, 1985).

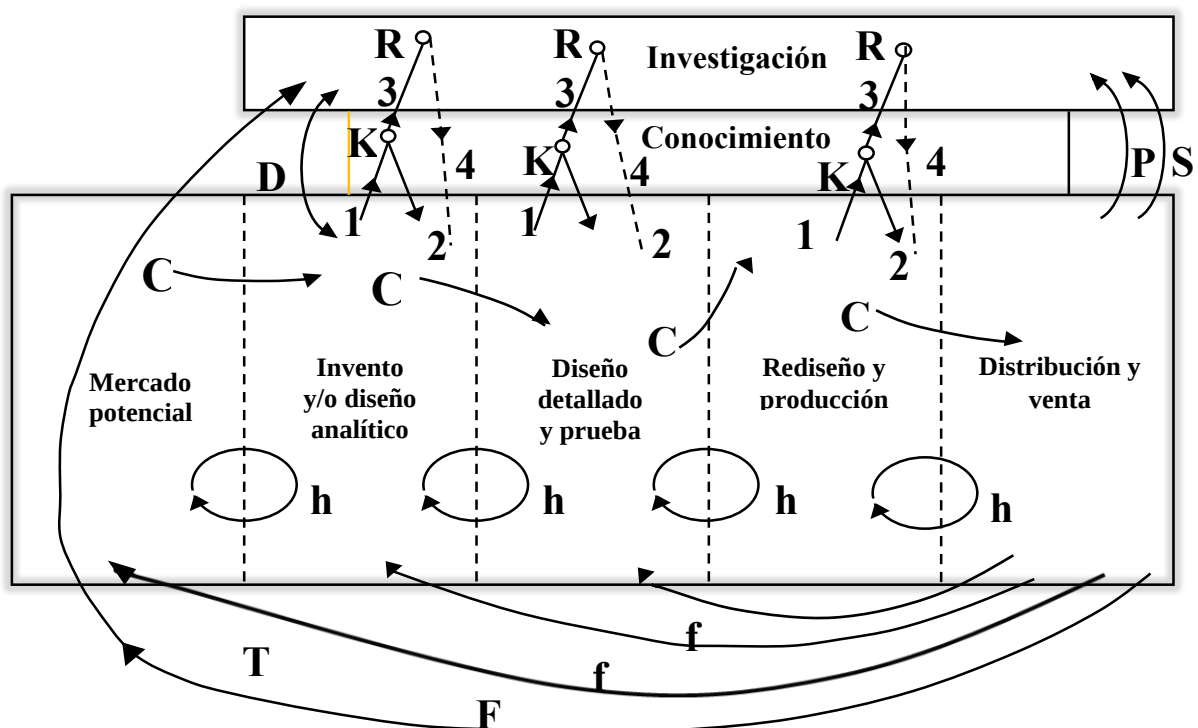
El **penúltimo trayecto**, se refiere a la conexión directa entre investigación e invención (D), en este caso el investigador comunica a la empresa los progresos relacionados con el conocimiento que pueden constituir la base de una futura innovación, lo que sería un empujón de la ciencia; en este paso la empresa busca encontrarle un mercado; por otro lado, la flecha bidireccional indica dos cosas: primero, la investigación científica no acerca a un desarrollo en el corto plazo y se requiere con antelación de la invención, y segundo, con la ciencia se originan nuevas oportunidades para nuevos productos, pero el tener un conocimiento de las necesidades o posibles ventajas del mercado pueden generar investigaciones importantes.

En el **último trayecto** se maneja una conexión directa entre mercado y la investigación (S, P, T); en este apartado algunos resultados de la innovación, tales como instrumentos, máquinas herramientas y procedimientos tecnológicos son utilizados para apoyar la investigación científica; esta conexión se representa por la flecha P. Hay otra conexión cualitativamente diferente desde los mercados a la investigación, que puede ser directa (flecha S) o indirecta (flecha T), a través de la conexión con el mercado potencial; esta última conexión indirecta cree que la innovación comienza en el departamento de marketing al ser este el que descifra la necesidad del mercado,

Como resultado de la descripción anterior, es necesario destacar que los cinco caminos son importantes; sin embargo, ninguno describe por sí mismo todas las fuentes de la innovación o en su caso todas las funciones que se requieren para que sea exitosa la I+D industrial; ahora bien, estos modelos aportaron a los procesos de innovación relacionando la ciencia y la tecnología, también contaban con determinadas deficiencias dentro de las que destaca, el excesivo uso de la retroalimentación que puede retrasar la toma de decisiones oportunas y haciendo demasiado largo el proceso innovador (Kline y Rosenberg, 1986; Rothwell, 1994; Velasco, et al., 2007, López, et al., 2009 y Palacio y Gaviria, 2016).

En la etapa del conocimiento acumulado llamado ciencia moderna es esencial para la innovación moderna; es una parte necesaria y a menudo crucial de la innovación técnica, pero no suele ser el paso inicial. Se emplea más bien en todos los puntos a lo largo de la cadena central de innovación, según sea necesario. Solo cuando este conocimiento falla, de todas las fuentes conocidas, recurrimos al proceso mucho más costoso y lento de la investigación orientada a la misión para resolver los problemas de una tarea de desarrollo específica.

Figura 13  
*Elementos del Modelo Cadena-Eslabón de Kline*



Fuente: elaboración propia a partir de Kline (1985)

C=cadena central de la innovación, h=círculos cortos de retroalimentación, f=retroalimentación del mercado a las fases precedentes. F= bucle de retroalimentación relevante, K-R= conexiones de conocimiento y la investigación a la innovación y cursos de retorno (si el problema es resuelto en el módulo K, no se activa el eslabón 3 a R, el retorno de la investigación -eslabón 4- es problemático, de ahí la línea a trazos). D=eslabón directo entre la investigación y los problemas de diseño e investigación. P= apoyo a la investigación científica desde instrumentos, máquinas y procedimientos tecnológicos. T=conexión indirecta entre mercado e investigación. S= conexión directa entre mercado e investigación.

### 2.2.2.5 Modelos Integrados

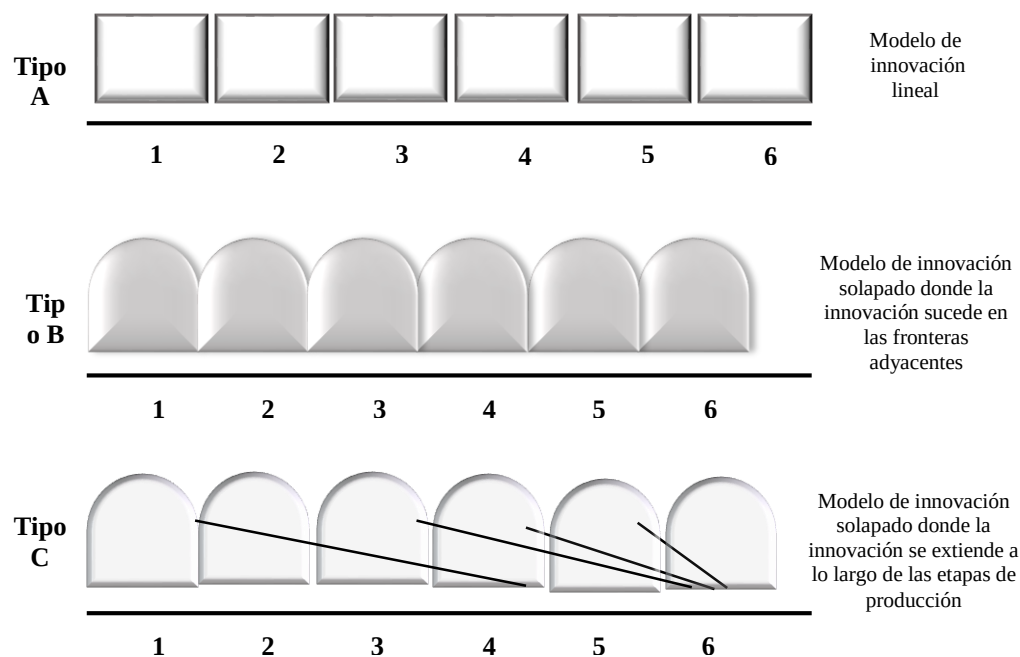
Los modelos integrados tienen una utilidad desde los años ochenta hasta inicios de los años noventa y son denominados como Modelos de Cuarta Generación; en esta época se da una

disminución en el ciclo de vida del producto y en consecuencia la velocidad de desarrollo se antepone como un elemento clave para competir, provocando que las empresas adopten estrategias basadas en tiempo (Rothwell, 1994).

Para este modelo las fases del proceso de innovación tecnológica se consideran y gestionan mediante procesos secuenciales (ver figura 14), a través de procesos solapados o incluso concurrentes o simultáneos (Hidalgo, León y Pavón, 2002).

El “Enfoque rugby” en el desarrollo de productos diverge con el enfoque tradicional de carácter secuencial; por lo que el proceso de desarrollo de producto tiene lugar en un grupo disciplinar cuyos integrantes trabajan juntos desde el comienzo hasta el final; en lugar de trabajar en etapas estructuradas y definidas; disminuyendo de esta manera el tiempo de ejecución; a través de la integración y el desarrollo paralelo (Takeuchi y Nonaka, 1986 y Velasco, et al., 2007).

Figura 14  
*Fases del Desarrollo de Productos Secuenciales (A) vs. Solapados (B y C)*



Fuente: elaboración propia a partir de Takeuchi y Nonaka (1986); Forrest (1991); Rothwell (1994); Hidalgo, León y Pavón (2002).

En la figura 14 se observa claramente las diferencias entre el modelo tradicional de desarrollo de producto de carácter lineal (Tipo A), entre el modelo solapado en el que los solapamientos brotan en los límites de los espacios contiguos (Tipo B), y finalmente el modelo en el que los solapamientos se explayan prolongándose en las distintas etapas (Tipo C).

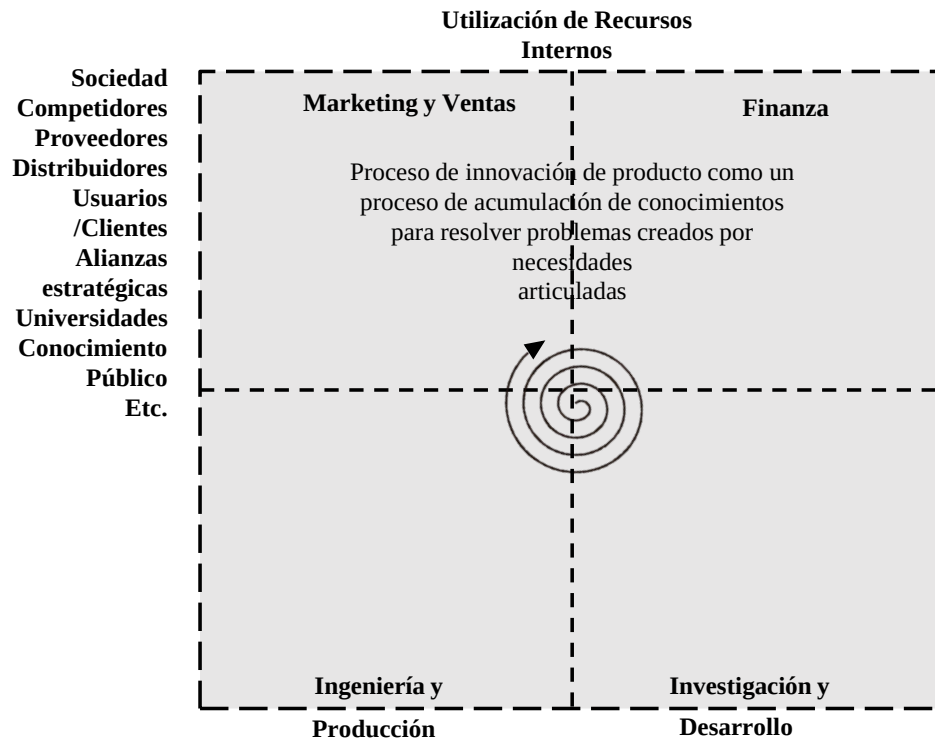
Por su parte, Rothwell (1994) asume que dos de las características de la innovación en las empresas japonesas que son líderes, hacen una integración de los proveedores en el proceso de desarrollo del producto nuevo en sus primeras etapas y de la misma forma hacen una integración de las actividades de los distintos departamentos que están involucrados; los cuales trabajan el proyecto paralelamente, es decir en serie.

Finalmente, estos nuevos modelos hacen un esfuerzo por absorber la integración funcional que se origina dentro de las organizaciones; considerando la integración que surge en las actividades con otras organizaciones cercando a consumidores, proveedores; incluyendo agencias gubernamentales y a universidades (Hobday, 2005).

#### **2.2.2.6 Modelos en Red**

Los modelos denominados en red, se conocen como los Modelos de Integración de Sistemas y Establecimiento de Redes (*Systems Integration and Networking*) y Modelos de Quinta Generación de Rothwell; este modelo enfatiza el aprendizaje que se tiene dentro y entre las empresas y observa que la innovación es un proceso distribuido en red (ver figura 15).

Figura 15  
Modelos en Red (ejemplo)



Fuente: elaboración propia a partir de Rothwell (1994) y Trott (1998).

La importancia de este modelo está en que las empresas continúan estableciendo redes estratégicas debido a la acumulación tecnológica y es prioridad llegar lo antes posible al mercado puesto que es un factor de competitividad clave y es de suma importancia continuar integrando las estrategias de producto y las de producción las cuales resaltan la calidad y el rendimiento (Rothwell, 1994).

Este modelo de innovación también se caracteriza por utilizar herramientas electrónicas sofisticadas que permiten a las empresas aumentar velocidad y hacer más eficiente el desarrollo de nuevos productos de manera interna con las actividades funcionales y de forma externa con los proveedores, clientes y colaboradores.

En general cada uno de los modelos resulta ser muy útil cuando se trata de entender el proceso de innovación, analizando a cada uno de ellos es posible deducir que la innovación es compleja y volátil porque cambia con facilidad y de forma poco previsible (Velasco, et al.,

2007); por lo tanto, los modelos buscan mejorar a sus antecesores, a través de nuevas alternativas para mejorar sus debilidades y proponer nuevas aportaciones.

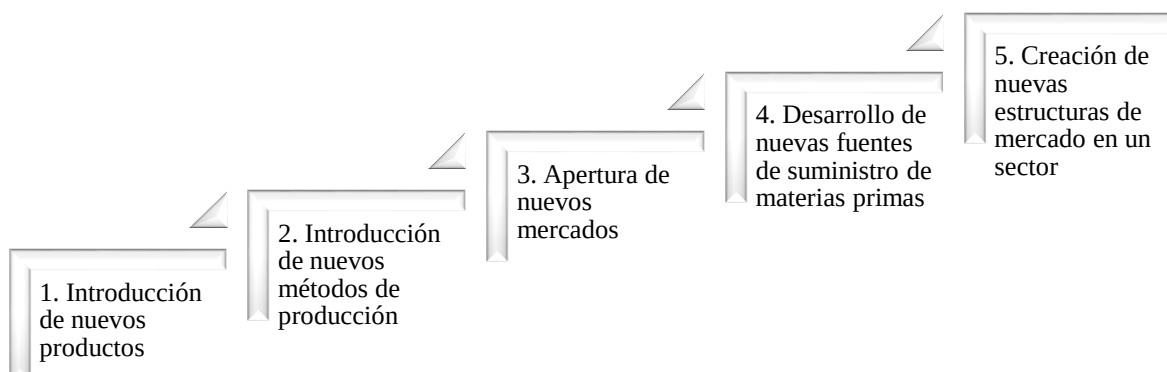
Por otro lado, se observan algunas deficiencias en los modelos; la mayoría se enfoca en la obtención de nuevos productos, sin considerar otro tipo de innovaciones, no toman en cuenta a empresas pequeñas; el proceso en los modelos inicia con la generación de ideas y finaliza con la comercialización del producto, omitiendo etapas determinantes; es común que también se presenten fallas en el momento de incorporar las etapas en las que el producto ya ha sido lanzado al mercado; también es posible apreciar que en la mayoría de los modelos la innovación se maneja como un proceso aislado, cuando ésta se encuentra implícita en otros procesos de la organización.

Es importante mencionar que para efectos de la presente investigación se trabajará con el Modelo de Kline o Enlaces en Cadena, de ahí la descripción detallada que se hace de cada una de sus trayectorias; el interés se enfoca en el espacio que este modelo le da a la idea inicial, al conocimiento acumulado y a la investigación que posteriormente se concierte en conocimiento y en la cual puede surgir una innovación radical o incremental (Kline y Rosenberg, 1986).

### **2.2.3 Tipos de Innovación**

Debido a los estudios que se han realizado sobre la innovación, se han presentado diversas clasificaciones y estas dependen de lo que estén innovando en las empresas; partiendo de la primera propuesta que realizó J. Schumpeter en 1934, en la cual distribuyó las innovaciones en cinco tipos (ver figura 16).

Figura 16  
Propuesta de Schumpeter sobre la Clasificación de Innovación



Fuente: elaboración propia a partir de Schumpeter (1934).

La clasificación anterior ha sufrido pequeños cambios a través del tiempo; y estos se han originado por diversos avances y nuevas tecnologías; a continuación, en la tabla 8 se presenta una recopilación de diversos autores tales como Zaltman, Damanpour, Evan, Adler, Dewar, Dutton, Ettlie, Bridges, O’Keefe, Henderson, Clark, Kodama, Utterback, Christensen, Font, Fernández, Chesbrough, Jansen, Ascencio y Vázquez sobre la clasificación de la innovación que cada autor analizó:

Tabla 8  
Clasificación de Innovación

| Autor                   | Clasificación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zaltman et al., (1973)  | Clasificación basada en la planificación de la innovación<br><b>Innovaciones programadas:</b> están planificadas a través de rutinas y procedimientos para mejorar la idea, identificando claramente a dónde y cómo se tiene que llegar a ello                                                                                                         |
|                         | <b>Innovaciones no programadas:</b> no se planean como las anteriores, ni en el tiempo, ni en los objetivos que se pretenden alcanzar, por lo tanto, la idea se va modificando durante su desarrollo                                                                                                                                                   |
| Damanpour y Evan (1984) | Clasificación basada en las innovaciones tecnológicas y las innovaciones administrativas<br><b>Innovaciones técnicas (o tecnológicas):</b> se aplica a la tecnología para la creación o mejora de productos o servicios y para la creación o mejora de los procesos afectando las principales actividades de la empresa a través de su sistema técnico |
|                         | <b>Innovaciones administrativas:</b> se centran en la estructura organizativa de la empresa, en los procesos administrativos y en los recursos humanos; mediante estas innovaciones administrativas consiguen mejoras en su estructura social                                                                                                          |

|                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adler (1989); Damanpour (1996); Dewar y Dutton (1986); Ettlie, Bridges, y O'Keefe (1984) | <p>Desarrollaron una clasificación de acuerdo al grado de novedad que presenta la innovación</p> <p><b>Innovación radical:</b> representa un rompimiento con lo establecido, no se trata de una evolución natural, sino que está basado en una tecnología diferente que rompe con la situación anterior</p> <p><b>Innovación incremental:</b> presenta cambios significativos que se realizan de manera continua y acumulativa y representan el progreso permanente de la empresa</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Henderson y Clark (1990)                                                                 | <p><b>Innovación arquitectónica:</b> implica cambios en las interfaces entre diferentes componentes o aspectos del conocimiento; ellos mismos no requieren del desarrollo de nuevos productos o procesos, pero puede llevar a formas significativamente nuevas de reunir elementos de un producto o servicio</p> <p><b>Innovación modular:</b> implica cambios significativos en un solo componente de un producto, pero estos cambios no afectan la forma en que un componente funciona con otros componentes</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Kodama (1993)                                                                            | <p><b>Innovación incremental:</b> surgido de la combinación de tecnologías de áreas diferentes, a la que denominó <i>technology fusion</i></p> <p>Afirma que los tipos de innovación difieren en grado y forma</p> <p><b>Innovación de productos:</b> lo que implican la creación y el lanzamiento de nuevos productos y servicios</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Utterback (1994)                                                                         | <p><b>Innovaciones de procesos:</b> son silenciosas, ya que implican cambios en las operaciones, tareas y formas de trabajar en las organizaciones, no requieren cambios en la naturaleza del producto y reducen en gran medida los costos, debido a que implican formas de producir un bien o servicio dado con niveles más bajos de insumos</p> <p>Describe una situación en la que los titulares fallan frente a una innovación aparentemente fácil de manejar</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Christensen (1997)                                                                       | <p><b>Innovación disruptiva:</b> se observa cómo las empresas mejoran continuamente sus productos para satisfacer a los clientes y pueden eventualmente terminar proporcionando productos que tienen un rendimiento excesivo para las necesidades de los mercados en los que se les ofrece</p> <p><b>Innovaciones sostenidas:</b> enfocadas a continuar ofreciendo innovaciones que representen mejoras en los productos, tecnologías o procesos dirigidas a segmentos de mayor valor en el mercado</p> <p><b>Innovaciones en incrementales:</b> se crean poco a poco en función de las ideas del recurso humano especializado en la línea de producción y de servicios; considera también las áreas administrativas, las comerciales y las de marketing; es posible también considerar las sugerencias de los clientes</p> |
| Font (1997)                                                                              | <p><b>Innovaciones radicales:</b> por su parte son grandes cambios, orientados por el desarrollo de una serie de investigaciones, cuyo objetivo es lograr cambios verdaderamente relevantes en los procesos y productos actuales y con ello distinguirse de la competencia; sin importar las grandes inversiones que esto puede provocar en I + D.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Chesbrough (2003)                                                                        | <p><b>Innovación abierta:</b> proceso que culmina con el lanzamiento al mercado del resultado de una nueva idea y debe ser realizado íntegramente y de forma interna por la empresa, de tal forma que desde la creación de esa idea hasta la distribución del producto o servicio resultante no debe haber presencia de agentes externos</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Fernández (2005)                                                                         | <p><b>Innovación incremental:</b> se ubican cambios que mejoran el funcionamiento, pero que están basados en la misma tecnología que se encontraba previamente en uso</p> <p><b>Innovación en producto:</b> es la introducción de un bien o de un servicio nuevo, o significativamente mejorado, en cuanto a sus características o en cuanto al uso al que se refiere que se destina</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OCDE (2005)              | <p><b>Innovación de proceso:</b> contempla la introducción de un nuevo o mejorado proceso de producción o de distribución, considerando cambios significativos en los equipos, materiales, recursos humanos o métodos de producción</p> <p><b>Innovación de mercado:</b> es la aplicación de un nuevo método de comercialización que involucre cambios notables en el diseño del envasado del producto, su posicionamiento, su promoción o precio</p> <p><b>Innovación organizacional:</b> busca introducir un método organizativo nuevo en las prácticas del trabajo, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores a la empresa</p>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Jansen et al., (2006)    | <p><b>Innovación en explotación:</b> a innovaciones relacionadas con las tecnologías de mercados y clientes ya existentes. Este tipo de innovación trata de aprovechar la experiencia que se tiene para mejorar la eficiencia y la fiabilidad mediante innovaciones incrementales. Por el contrario, trabaja también con la innovación de exploración, la cual supone la utilización de nuevas tecnologías, innovaciones de tipo radical, para satisfacer a mercados emergentes.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Asensio y Vázquez (2009) | <p><b>Innovación tecnológica:</b> la cual comprende los cambios introducidos en los productos y en los procesos y la divide en:</p> <p><b>a) Innovación de producto:</b> consiste en fabricar y comercializar nuevos productos (innovación radical) o bien productos ya existentes mejorados (innovación gradual)</p> <p><b>b) Innovación de proceso:</b> corresponde a la instalación de nuevos procesos de producción que mejorarán la productividad, la racionalización de la fabricación y por consiguiente, la estructura de costes</p> <p><b>Innovación social:</b> intenta proponer soluciones nuevas a los problemas de desempleo sin trastocar la eficiencia de la empresa</p> <p><b>Innovación en métodos de gestión:</b> son innovaciones como las realizadas en los ámbitos comerciales, financieros, organizativos, que acompañan, apoyan y proporcionan potencial a la corriente innovadora de la empresa</p> |

Fuente: elaboración propia a partir de Zaltman et al., (1973); Damanpour y Evan (1984); Ettlie, Bridges, y O'Keefe (1984); Dewar y Dutton (1986); Adler (1989); Henderson y Clark (1990); Kodama (1993); Utterback (1994); Damanpour (1996); Christensen (1997); Font (1997); Chesbrough (2003); Fernández (2005); OCDE (2005); Jansen et al., (2006); Asensio y Vázquez (2009).

Los tipos de innovación más repetitivos en la literatura suelen ser las innovaciones incrementales, las radicales, las tecnológicas, de productos y de procesos; con la clasificación anterior es posible observar que la innovación no implica exclusivamente la generación de nuevos productos y servicios, sino que afecta también a la forma de hacer las cosas; como es evidente el desarrollo de la innovación es bastante versátil y todas las organizaciones deben estar en una constante evolución para satisfacer las necesidades del mercado cambiante.

### 2.2.3.1 Innovación Disruptiva

En el apartado anterior, se hace mención sobre el término “innovación disruptiva” el cual es ideado por Clayton M. Christensen<sup>14</sup>; este autor menciona que la innovación en las cosas debe hacerse de manera diferente, es necesario hacer cambios o modificaciones para que estas sean más simples, que tengan un menor costo y que el cambio sea a través de tecnologías sofisticadas, Christensen (1997).

Para Christensen, la innovación disruptiva es capaz de responder a las necesidades que no han sido atendidas a demanda de los clientes y de los mercados; por lo que es de su interés conseguir la atención de nuevos segmentos de mercados que anteriormente no consumían un determinado producto o servicio y los cuales deben de contar con atributos diferentes de cómo se venían ofertando; lo anterior provoca una diferencia que debe reflejarse tanto en las características del producto como en el precio.

Christensen (1997) habla de una mejor adaptación a las necesidades de los segmentos de los clientes con menor poder adquisitivo y cuyas necesidades no son cubiertas por las empresas de mayor tamaño; estas innovaciones son aquéllas que de alguna manera interrumpen o redefinen la trayectoria del funcionamiento del producto o servicio.

Por otro lado, Chesbrough (2002) menciona que se ha hecho uso de la innovación disruptiva para hacer un análisis de la dinámica de la innovación que se lleva a cabo con el ingreso de empresas nuevas en mercados que ya se encuentran establecidos y desarrollados.

---

<sup>14</sup> Nacido en Estados Unidos en 1952, es un académico, consultor de negocios y líder religioso que actualmente se desempeña como profesor de administración de empresas de la Universidad de Harvard . Es mejor conocido por su teoría de la " innovación disruptiva ", presentada por primera vez en su libro de 1997 El dilema del innovador, que se ha llamado la idea de negocio más influyente de principios del siglo XXI; también es cofundador de Rose Park Advisors, una empresa de capital de riesgo, de consultoría de gestión e inversión especializada en innovación, (Cositorto, 2007).

#### 2.2.3.1.1 ¿Por qué Surge la Innovación Disruptiva?

Al concebir Schumpeter a la innovación como una combinación novedosa de ideas, competencias y recursos existentes; la invención puede surgir por la combinación antes mencionada, pero puede ser gradual o radical y es a partir de este modelo schumpeteriano que Christensen (1997) hace una diferencia entre innovaciones incrementales y disruptivas.

Las **innovaciones incrementales** consideran a las mejoras evolutivas en los productos o servicios que ya existen; en tanto que las **innovaciones disruptivas** representan las creaciones de nuevas necesidades de mercados y usos que de alguna manera pueden ser desconocidos.

Es posible asociar el proceso de cambio empresarial al cambio tecnológico con nuevos y mejorados productos y servicios, en relación a las tecnologías ya existentes a las que se han sustituido, por lo que el desarrollo de las denominadas tecnologías disruptivas<sup>15</sup> es considerado un cambio vertiginoso que impacta directamente en los usuarios y en lo que pueda ocurrir con las empresas. La disrupción puede ser originada por tecnologías que son inicialmente inferiores a las que se emplean de manera cotidiana (Christensen, 1997), pero que sustituyen a las existentes por los desarrollos que pueden surgir de manera más rápida.

Christensen también asegura que las innovaciones disruptivas se originan en puntos de apoyo de mercados de bajo nivel o nuevos mercados y estas son posibles porque se inician en dos tipos de mercados que en un momento dado los empresarios y/o titulares pasan por alto; es decir, los puntos de apoyo del mercado de bajo nivel existen porque los operadores tradicionales intentan regular o tienen como objetivo proporcionar a sus clientes más rentables y exigentes productos y servicios que mejoran constantemente y prestan menos atención a los clientes menos exigentes. Por lo tanto, Christensen enfatiza que se debe de proporcionar a los clientes de los mercados de bajo nivel un producto “suficientemente

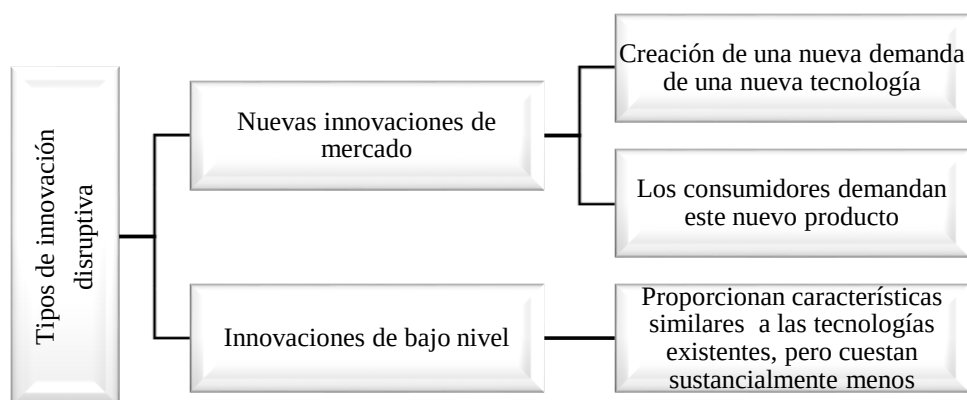
---

15 El término tecnología disruptiva, fue acuñado por Clayton M. Christensen y presentado en 1995 con su artículo Disruptive Technologies, junto con Joseph Bower. Christensen describió el término de una manera más específica en su libro The Innovator's Dilemma, publicado en 1997, con el término Innovación Disruptiva (Veiga, 2016).

bueno” y por otro lado los perturbadores crean un mercado donde no existía ninguno con la finalidad de convertir a los “no consumidores” en “consumidores”.

Para dar inicio con un negocio disruptivo Christensen y Raynor (2003) establecen dos tipos de innovación disruptiva (ver figura 17), la primera es el mercado de bajo nivel; en este segmento es lanzado un producto o servicio al mercado a un precio accesible o factible, el cual va a satisfacer una o varias necesidades de los clientes con un bajo poder adquisitivo y de igual manera el nuevo producto posee nuevas características que lo diferencian a los ya ofrecidos en el sector; la segunda trata de atraer por medio de las características y rendimiento del producto o servicio a segmentos de clientes que antes no eran consumidores (nuevas innovaciones de mercado).

Figura 17  
*Tipos de Innovación Disruptiva*



Fuente: elaboración propia, 2020.

Identificar el tipo de segmento de mercado en el cual se va a establecer el producto es de vital importancia, debido a que la estrategia de la organización debe adecuarse conforme la elección que se tome; incluso se pueden manejar ambas; pero una vez que se ha optado por el segmento da inicio el proceso, a través del cual se harán las mejoras de la tecnología del

producto, con la finalidad de ingresar a un segmento de clientes más exigentes y por consiguiente más rentables.

Es importante resaltar que para que una innovación sea disruptiva según Christensen y Overdorf (2000) debe escalar discretamente por debajo del negocio existente y amenazarlo lentamente hasta lograr desplazarlo; este desplazamiento al antiguo producto debe ser gradual a través de un proceso, el cual debe de generar un cambio en la rutina de los consumidores, ocasionando que sus preferencias se orienten hacia el nuevo ofrecimiento; para que esta innovación sea exitosa, el producto o servicio que originalmente no es bueno al principio como el que ya existe en el mercado consolidado, este puede penetrar en el mercado de clientes nuevos o menos exigentes.

Debido a lo anterior es necesario identificar oportunidades tecnológicas y de mercado, además de considerar la inversión que se realice en la parte de I+D, las empresas deben de estar alertas para que el entendimiento de los mercados sea una actividad latente, así como la evolución de las industrias, las necesidades de los clientes y las posibilidades tecnológicas y de igual manera estar en constante vigilancia de los comportamientos de los proveedores y competidores; todo esto porque es imperioso encontrar una oportunidad de disrupción en un nuevo mercado o en un nivel bajo de mercado o incluso en segmentos que previamente no habían tenido acceso a estas por cuestiones de conocimiento y complejidad en su uso, o por sus precios o lugares poco accesibles dentro de la oferta.

De acuerdo con Teece et al., (2016) el escaneo de las tecnologías existentes en diferentes redes de valor, se realiza con el fin de generar nuevas arquitecturas de producto que ofrezcan funcionalidad suficientemente buena siendo más baratas, más simples, más accesibles es una característica fundamental en la disrupción y responde al reto; otra gran oportunidad para el desarrollo de la disrupción es desarrollar productos y servicios diseñados para una población que cuenta con un bajo poder de compra y acceso limitado a los productos existentes.

Christensen, Raynor y McDonald (2015) comentan que el término de innovación disruptiva se ha manejado como un producto o servicio que se encuentra en un punto determinado,

situación que ha sido erróneamente operada, por lo que es importante mencionar que la innovación disruptiva es un proceso que sucede en un periodo de tiempo, es decir la innovación disruptiva es un proceso y no un evento.

De igual manera Christensen y Raynor (2003) aseguran que la innovación disruptiva es un proceso que puede tomar muchos años, incluso décadas y en algunos casos se dificulta comprobar en qué punto del tiempo una innovación llega a considerarse como disruptiva.

#### **2.2.3.1.2 Definición de Innovación Disruptiva**

El concepto de innovación disruptiva responde del porqué sufren las grandes empresas que buscan la innovación en los mercados tradicionales y a la larga son superados por la competencia que lanzan nuevas e innovadoras soluciones, es decir, implementan una tecnología disruptiva, (Christensen, 1997); esta tecnología disruptiva puede existir tanto en productos como en servicios y modelos comerciales (Markides, 2006).

Años más adelante, Christensen y Overdorf (2000) proponen el concepto de innovación disruptiva impactando de manera profunda a los mercados y consumidores, así como en distintos escenarios, originando procesos precipitados de desarrollo, comercialización, uso de servicios y de productos innovadores, generados por cambios vertiginosos en modelos de negocio ya existentes o incluso en la creación de modelos totalmente nuevos. En ese sentido la innovación disruptiva es un modelo de negocios, que va a tomar la iniciativa en el desarrollo de nuevas reglas; ya que se va a originar un modelo diferente y conflictivo en comparación con el modelo original (Markides y Charitou, 2003).

Por otro lado, Adner (2002) describe de una manera consistente con Christensen (1999) quien sustenta que las tecnologías disruptivas son simples y resultan más económicas ejercerlas que las tecnologías vigentes o que están en uso en la empresa; de igual manera, explica que las innovaciones disruptivas, forman parte del mismo paquete de atributos diferentes e inferiores con respecto a las tecnologías vigentes, que en cierto modo son de mayor relevancia para los clientes tradicionales. Por tal razón, en la etapa de desarrollo, las innovaciones disruptivas solo son capaces de satisfacer necesidades del nicho de mercado

que valoran sus atributos tradicionales al punto de alcanzar a satisfacer a los clientes tradicionales.

De acuerdo con Markides y Charitou (2003) señalan que las innovaciones disruptivas normalmente requieren cambios organizacionales más amplios y a menudo llegan al modelo de negocios de la organización y es necesario destacar atributos no explotados de productos o servicios que ya se ofrecen en el mercado, a diferencia de las formas tradicionales.

Para Govindarajan y Kopalle (2006) la innovación disruptiva es creada por una tecnología que es aplicada en productos o servicios que anteriormente no superaba los atributos que el consumidor ha requerido, añadiendo al mismo tiempo un valor agregado para satisfacer nuevas condiciones por el mercado.

Mientras tanto, Schmidt y Druehl (2008) describen que la esencia de una innovación disruptiva está en el nuevo producto, tiene un desempeño inferior, con respecto a la dimensión de rendimiento principal más apreciada por los clientes convencionales del producto anterior; sin embargo, el nuevo producto puede tener un mejor rendimiento en una dimensión alternativa y así abrir un nuevo mercado -o simplemente puede ser más fácil de usar o de menor costo-; posteriormente con el tiempo, la innovación disruptiva mejora la dimensión primaria en la medida en que eventualmente atrae a los clientes comunes que inicialmente lo rechazaron.

En los estudios realizados por Haptay y Holmen (2012) confirman que la innovación disruptiva, es la función de los sistemas de incentivos asimétricos y el dilema gerencial. La explicación económica asimétrica representa la innovación disruptiva como un resultado del proceso cuando los participantes persiguen la competencia a través de modelos comerciales de alto volumen y bajo costo, contra modelos comerciales diferenciados en el mercado principal; lo anterior crea un dilema para los titulares que a su vez puede desencadenar la interrupción; por otro lado, Corsi y Di Minin (2014) argumentan que la innovación disruptiva, es una teoría que busca explicar los cambios y las nuevas entradas en los mercados establecidos; el resultado de la innovación disruptiva es visible, cuando los clientes

convencionales cambian al nuevo producto disruptivo que está ganando participación de mercado en los mercados ya establecidos.

De las definiciones descritas anteriormente es posible determinar que la innovación disruptiva es decisiva porque identifica necesidades insatisfechas dentro de un mercado o sector determinado y va a desarrollar cualquier estrategia para satisfacer tales necesidades; puede ser a través de productos, servicios y modelos comerciales que resalten propiedades no explotadas; el nuevo producto o servicio puede lograr un mejor rendimiento al abrir un nuevo mercado o la facilidad de usarlo a un menor costo y así mejorar y atraer a los clientes que anteriormente no lo habían aceptado.

Actualmente la innovación disruptiva está desarrollando un papel significativo, debido a que en distintas ocasiones ha sido la culpable de desplazar a empresas líderes o a la creación de nuevos mercados con productos mejorados y con un valor agregado para satisfacer a los consumidores; es importante mencionar que esta es una fuerza positiva y que su evolución es muy rápida en tecnologías realmente transformadoras, tienen la capacidad de desarrollarse en cualquier campo o de originarse en alguna disciplina científica provocando con ello cambios organizacionales fuertes, estas tecnologías pueden estar presentes en productos, servicios e incluso en modelos comerciales los cuales darán un importante giro o se crearan nuevos para redefinir la base de clientes existente, construir redes de valor, alterar el papel de la empresa en la cadena de valor, analizar nuevos socios clave, determinar recursos y costos clave.

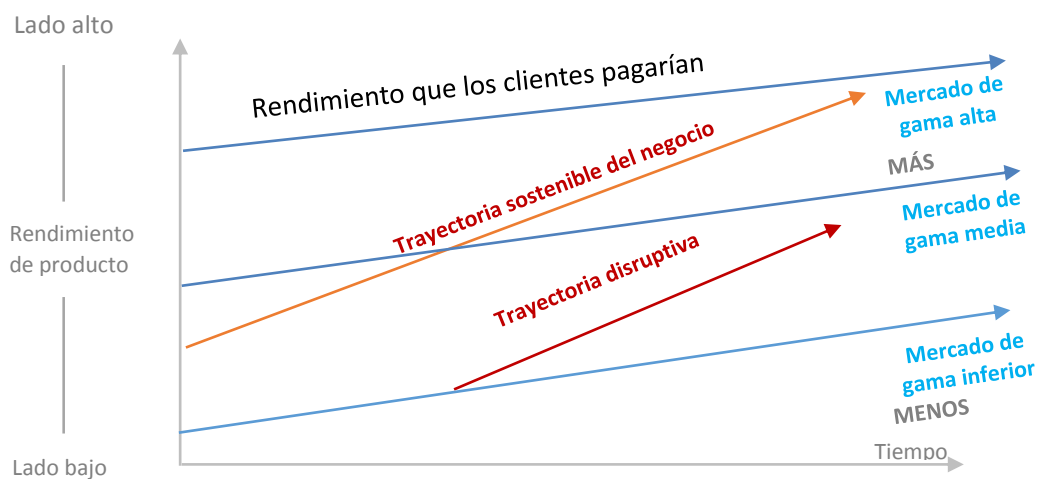
#### **2.2.3.1.3 El Modelo de Innovación Disruptiva**

A continuación, se presenta el modelo de innovación disruptiva diseñado por Christensen (1997), en el cual explica la comparación de los progresos de un producto en cuanto a sus ganancias (ver figura 18); lo anterior se puede apreciar con las flechas rojas que exponen cómo el producto o servicio mejora con el tiempo; por otro lado, las flechas azules revelan la preferencia del cliente por pagar por la utilidad del producto.

Es sabido que las empresas que son exitosas recurrentemente introducen productos y servicios con una mayor calidad, esto se representa en el modelo con la línea roja superior; los productos con mayor calidad buscan satisfacer el segmento superior del mercado obviamente para obtener una rentabilidad mayor, sobrepasando así las necesidades de los clientes del segmento inferior. Lo anterior provoca que las nuevas empresas del mercado se enfoquen a los segmentos menos rentables, los cuales son de alguna manera olvidados por las empresas exitosas. Por lo tanto, las nuevas compañías van a tener un avance disruptivo porque van a buscar mejorar el rendimiento de las ofertas y así desplazarse poco a poco a un mercado arriba, es decir con mayor rentabilidad; enfrentando así el dominio de las compañías exitosas.

Figura 18

*Modelo de Innovación Disruptiva*



Fuente: elaboración propia a partir de Christensen (1997).

Con el modelo anterior, se observa que los clientes se ubican en un mercado determinado de acuerdo con lo que desean utilizar; es decir hay clientes que se encuentran en el extremo superior de un mercado, siendo estos los clientes con altas exigencias y regularmente adquieren productos de alta calidad y que son costosos. Por otro lado, existen clientes que optan por productos de bajo perfil y la satisfacción del producto es de los menos costosos y los más simples.

Siguiendo con el análisis del modelo, Christensen (1997) menciona que surge una plataforma donde las empresas crean oportunidades más convenientes, fabrican productos más simples y de bajo costo y son ofrecidos a consumidores que no tienen considerado un cambio innovador; por lo tanto, es posible generar la disrupción del nuevo mercado, es decir la innovación disruptiva a menudo tiene éxito porque trae nuevos consumidores a un mercado ya establecido. Además, es posible orientar la innovación disruptiva a los consumidores más servidos y menos rentables es decir la gama baja, ubicados por debajo de la red de valor original.

Existen también innovaciones disruptivas que se pueden considerar como híbridas porque combinan los mercados de nivel bajo y los nuevos mercados en el desarrollo de nuevos productos y servicios; creando así una nueva propuesta de valor en el mercado distinta a cualquier otra propuesta anteriormente disponible.

Por lo regular en las innovaciones disruptivas surgen productos o servicios a un bajo costo de lo que ya se tiene en el mercado en comparación con otros mercados que son dominantes, pero que cuentan con otras características que son valoradas por los clientes y se les conoce como “marginales” y esta debe de comprender el ingreso de un producto o servicio en el extremo inferior del mercado para que poco a poco avance y desplace a la competencia existente a través de la captación de nuevos clientes que saben que el nuevo producto o servicio cumple mejor sus expectativas que los de la competencia.

#### **2.2.3.1.4 Dimensiones de la Innovación Disruptiva**

El ecosistema empresarial de cualquier tipo de industria busca a diario una ventaja competitiva, reflejándose principalmente en las innovaciones de los productos que operan; permitiendo la satisfacción de cada uno de sus clientes; lo anterior obliga a que la industria fabrique una amplia diversidad de productos altamente mejorados y funcionales y que provocan cambios drásticos en el mercado.

Christensen (1997), explica que los productos ya son tan avanzados que en algunos sectores de consumidores ya no pueden adquirirlos, quedando estos grupos como nichos de

oportunidad para que empresas menores, con menos recursos, sin tanta tecnología, ni presencia vayan atendiendo sus necesidades, ganando poco a poco terreno dentro del segmento o sector de que se trate; es decir una innovación es disruptiva cuando se modifican las reglas del mercado principalmente en términos del manejo del producto, la influencia en los precios y la demanda, y en términos de tecnología; de la misma manera Thomond y Lettice (2002) afirman que la innovación disruptiva es un producto, servicio o modelo de negocio exitosamente explotado que transforma de manera significativa las demandas y necesidades de un mercado convencional irrumpiendo a sus antiguos jugadores clave.

Tomando en cuenta lo anterior se busca establecer, que tanto afectan las innovaciones que operan en los procesos para la elaboración de los productos en términos de su manejo y el costo que puedan tener; el nivel de la tecnología necesaria para su elaboración y en qué tipo de mercado se pueden posicionar; inclusive la importancia de los activos intelectuales que se puedan crear; a fin de determinar si se genera una innovación disruptiva debido a que se caracteriza por una serie de dimensiones que tienen ciertas particularidades que de alguna manera la hacen especial dentro del campo de la innovación.

A este respecto, y de acuerdo a la caracterización de la dimensión del producto, los distintos estudios revisados coinciden que al modificar los procesos durante la elaboración de los productos y cuando sea factible la aplicación de una nueva tecnología el producto es; más simple, más barato y más conveniente (Christensen, 1997., Govindarajan y Kopalle, 2006 y King y Baatartogtokh, 2014); y como consecuencia la mano de obra que se utiliza es menos especializada; por ello, el producto es de uso fácil, de bajo costo y gradualmente mejora su calidad y es bien aceptado en el mercado (Lindsay y Hopkins 2010 y De Almeida, Garcia, Demite y Aparecido, 2015), en este mismo orden de ideas, De Almeida et. al., (2015) hablan de un bajo valor y bajo costo, originado por la sencillez de la tecnología, revisión del proceso y menos uso de mano de obra especializada. Mientras que, Christensen y Bower (1996) mencionan que este tipo de innovación tiene un costo menor para los consumidores, haciéndolo más atractivo para un mercado menos exigente y una fuente de competitividad para los innovadores.

En cuanto a la dimensión del mercado, los productos se comercializan inicialmente en mercados emergentes y poco significativos (vistos desde un mercado principal) y se satisfacen las necesidades de este tipo de mercado (Christensen, 1997 y Govindarajan y Kopalle, 2006). Asimismo, Christensen (1997) observó que emergen segmentos de un nivel bajo del mercado siendo ignoradas por empresas que ya están establecidas.

Por otro lado, Thomond y Lettice (2002) señalan que la adopción de nichos de mercado permite la inversión en el producto, servicio o modelo de negocio para aumentar su rendimiento y de esta forma pueden crear o entrar en nuevos nichos de mercado y ampliar el número de clientes, por su parte, De Almeida et. al., (2015), hablan de un nuevo segmento y nuevos clientes, procurando ventajas a los no usuarios e incrementando su conveniencia, por lo regular a un costo menor; finalmente King y Baatartogtokh (2014) señalan que, en el momento de su introducción, la innovación atrae los segmentos de cliente de nivel bajo y sensibles al precio, limitando el potencial de rentabilidad de las empresas establecidas.

Para continuar con el análisis de las dimensiones de la innovación disruptiva, se considera la importancia del nivel de tecnología que se ocupa para desarrollar un proceso en la elaboración de los productos, a este respecto, Christensen (1997), establece que las innovaciones disruptivas, inicialmente son consideradas inferiores por la mayoría de los clientes y regularmente no tienen la disposición de cambiar a la nueva oferta, simplemente porque es menos costoso, sin embargo esperan pacientemente a que su calidad se eleve lo suficientemente para satisfacerlos, una vez que esto sucede, adoptan el nuevo producto y aceptan un precio más bajo; se destaca que las tecnologías de las empresas establecidas son desplazadas del mercado principal por tecnologías que tienen un desempeño inferior (Adner, 2002; Govindarajan y Kopalle, 2006 y Tellis, 2006) y que los clientes principales están dispuestos a adquirir.

Las aportaciones de Thomond y Lettice (2002), sobre la dimensión, es que introducen un paquete de rendimiento diferente de las tecnologías convencionales y son inferiores a las principales tecnologías; asimismo De Almeida et. al., (2015), mencionan que la interrupción

de la tecnología ocurre cuando, a pesar de su rendimiento inferior en atributos focales, la nueva tecnología desplaza a la tecnología principal del mercado principal.

Para concluir con el análisis de las dimensiones sobre la innovación disruptiva, la literatura señala que los activos intelectuales juegan un papel primordial, mientras que la productividad y la competitividad dependen de la capacidad de crear, desarrollar y aplicar información basada en el conocimiento, por lo tanto la dinámica de las tecnologías y el alcance del modelo productivo se ha modificado por lo que la disrupción se aplica frecuentemente a las nuevas tecnologías y a los negocios, generando con ello un nuevo proceso industrial que transforma radicalmente la cadena de valor y en consecuencia su modelo de negocio.

De acuerdo con la Linking Innovation and Industrial Property (2003), los activos intelectuales son aquéllos que proceden del interior de las organizaciones, estos tienen gran relevancia y son prioritarios los conocimientos tácitos que existen en los equipos de las personas; debido a lo anterior De Almeida et. al., (2015) enfatizan que la propiedad intelectual de los productos, procesos o servicios que surjan de una innovación disruptiva no tienen manifestación física y mencionan a las patentes, derechos de autor y marcas comerciales y que estas influyen en los costos, en la motivación de los empleados y en el desempeño organizacional; mientras tanto Nagy, Schuessler y Dubinsky (2016) describen que los activos intelectuales son de vital importancia para no perder de vista ninguna oportunidad que genere ideas.

A continuación, se presentan las dimensiones que conforman el constructo de la innovación disruptiva (ver tabla 9) con los investigadores que las han estudiado:

Tabla 9  
*Marco de Análisis de la Innovación Disruptiva*

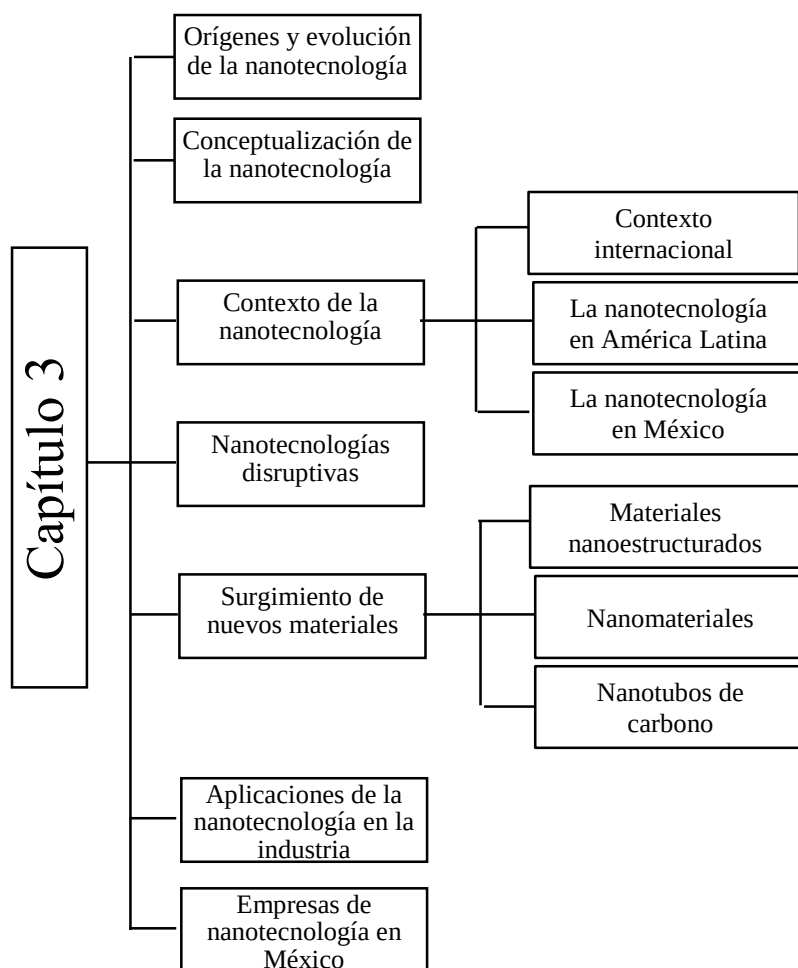
| Dimensión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Variable             | Categorías  |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------|----------------|
| Producto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Uso                  | Simple      | Complejo       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Servicio             | Conveniente | No conveniente |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Costo                | Alto        | Bajo           |
| Mencionan la simplicidad o facilidad de conveniencia al tratarse de productos sencillos y de uso fácil, similares a los existentes y de excelente calidad, pero de bajo costo, asociando el uso de mano de obra menos especializada (Christensen, 1997; Govindarajan y Kopalle, 2006; King y Baartartogtokh, 2014 y De Almeida et. al., 2015) |                      |             |                |
| Mercado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Emergente            | Si          | No             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Nivel                | Alto        | Bajo           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Clientes satisfechos | Sí          | No             |
| Se comercializan inicialmente en mercados emergentes y poco significativos, además atienden las necesidades insatisfechas (Christensen, 1997; Thomond y Lettice, 2002; Govindarajan y Kopalle, 2006; King y Baartartogtokh, 2014 y De Almeida et. al., 2015)                                                                                  |                      |             |                |
| Tecnología                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Nivel                | Alto        | Medio          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Costo                | Alto        | Bajo           |
| Las tecnologías de las empresas establecidas son desplazadas del mercado principal por tecnologías que tienen desempeño inferior, por lo tanto, son más sencillas y de bajo costo (Christensen, 1997; Adner, 2002; Govindarajan y Kopalle, 2006 y De Almeida et. al., 2015)                                                                   |                      |             |                |
| Activos intelectuales                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Patentes             | Si          | No             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Derechos de autor    | Si          | No             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Marcas comerciales   | Si          | No             |
| La propiedad intelectual de los productos, procesos o servicios que surjan de una innovación disruptiva son de vital importancia para no perder de vista ninguna oportunidad que genere ideas; tal es el caso de las patentes, los derechos de autor, y las marcas comerciales (De Almeida et. al., 2015 y Nagy, Schuessler y Dubinsky 2016)  |                      |             |                |

*Fuente:* elaboración propia a partir de diversos autores

## CAPÍTULO 3. NANOTECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS

### Contenido:

Figura 19  
*Contenido del Capítulo 3*



Fuente: elaboración propia 2020.

### 3.1.1 Orígenes y Evolución de la Nanotecnología

En los últimos tiempos los desarrollos científicos y tecnológicos están cambiando de manera drástica la vida del ser humano en diversos aspectos; han surgido nuevas tecnologías que juegan un rol vital en las industrias ya establecidas y han adquirido un valor estratégico invaluable. Existen tecnologías de alto impacto que funcionan transversalmente con otras tecnologías y generan innovaciones con gran potencial para las empresas.

Con base en lo anterior la nanociencia<sup>16</sup> y la nanotecnología<sup>17</sup> son disciplinas recientes capaces de proporcionar materiales novedosos para distintas áreas tales como la medicina, biología molecular, física, química, el medio ambiente, así como en industrias como la farmacéutica, química, textil, manufacturera, entre otras; asimismo en aplicaciones en las ciencias de los materiales, modelos computacionales de simulación y de ingeniería y en el rediseño de sistemas de producción y la obtención de nuevos materiales y dispositivos (Correia, Pérez, Sáenz, y Serena, 2007 y Vásquez et al., 2009).

La nanociencia y la nanotecnología aparecen desde hace más de 50 años cuando los científicos desechan conceptos de física clásica y dan pie a la física cuántica obteniendo así una función distinta que no es posible observar de manera natural; es decir, el átomo es estudiado de manera tal que el funcionamiento del núcleo de los electrones y los fotones dando lugar a las actividades nanotecnológicas (Quintili, 2012); en la historia de estas ciencias se tiene como pionero al Dr. Richard Feynman<sup>18</sup> el cual proyectó conceptos sobre la nanotecnología al hacer uso de estructuras atómicas edificando átomos sobre átomos.

Para establecer correctamente los orígenes de la nanotecnología, se hace mención de la elaboración de nanomateriales, y es necesario remontarse a la conferencia histórica que, en el año 1959, articuló Richard Feynman en el Instituto de Tecnología de California: “*There’s plenty of room at the bottom*”, traducido como “En el fondo hay espacio de sobra”. En esta ponencia Feynman lleva a cabo la idea de crear objetos a partir de átomos individuales; aún sin citar el término “nano” y afirmaba sobre la manipulación y control de objetos a muy pequeña escala.

---

<sup>16</sup> Es el estudio de los fenómenos y la manipulación de materiales a escala nanométrica. (Royal Society, UK National Academy of Science and the Royal Academy of Engineering, 2004)

<sup>17</sup> Es el manejo o montaje de átomos individuales, moléculas y conjuntos moleculares dentro de estructuras tan pequeñas como 100 nanómetros (un nanómetro es equivalente a  $10^{-9}$  m), con la cual se pueden crear nuevos materiales y partes con distintas propiedades (Pole y Owens, 2007)

<sup>18</sup> Físico teórico estadounidense conocido por su trabajo en la teoría de la electrodinámica cuántica y en la física de partículas para el que propuso el método de Partón, recibió el premio Nobel de Física en 1965 por sus contribuciones en el desarrollo de la electrodinámica cuántica; Además desarrolló un conjunto de esquemas de representación pictórica ampliamente utilizados para las expresiones matemáticas que rigen el comportamiento de las partículas subatómicas, que más tarde se conocieron como los diagramas de Feynman; también ayudó en el desarrollo de la bomba atómica durante la Segunda Guerra Mundial; finalmente introdujo el concepto de nanotecnología, (Cositorto, 2007)

Posteriormente para 1974 el Dr. Norio Taniguchi<sup>19</sup>, de la Universidad de Ciencias de Tokio, utilizó por primera ocasión el término “nano-tecnología” en su artículo “*Nanotechnology consists of the procedure of separation, consolidation and deformation of materials atom by atom or molecule by molecule*” cuyo significado es “Nanotecnología consiste en el procedimiento de separación, consolidación y deformación de materiales átomo por átomo o molécula por molécula” en el cual detalló una técnica de producción a escala nanométrica, incluyendo procesos de separación, consolidación y deformación de materiales con la ayuda de un solo átomo o una sola molécula y dejando en claro que las propiedades de este mundo son muy diferentes a lo conocido hasta el momento.

Otro investigador iniciador de la nanotecnología es Eric Drexler, el cual publica en 1986 “*Engines of Creation: The Coming era of Nanotechnology*”, el cual establece avances de la ingeniería molecular y llevo a cabo la manipulación de átomos y moléculas sin dejar residuos al fabricar de lo pequeño a lo grande.

El estudio del mundo pequeño de acuerdo con Álvarez y Barbero (2013), ha generado el uso de nuevas palabras; para este caso el prefijo “*nano*” que significa enano, diminutivo o pequeño y que señala a lo que se van a dedicar de forma clara la nanociencia y la nanotecnología y que son utilizados en fenómenos y objetos que son manipulados en dimensiones de una millonésima parte de un milímetro ( $1 \times 10^{-9}$  mts.); por lo tanto hablar de nanotecnología es hablar de un mundo nanométrico en donde los materiales adquieren propiedades diferentes a las que tienen a escala microscópica.

Es importante hacer un recuento de los acontecimientos más relevantes de la evolución de la nanotecnología debido a que esta forjada de diversos y notables sucesos (ver tabla 10), que permiten vislumbrar el considerable avance experimental que esta tecnología ha tenido hasta nuestros días.

---

<sup>19</sup> Nacido en Japón en 1912, comenzó su carrera investigadora en el campo del mecanizado abrasivo de precisión de materiales duros y quebradizos. Más tarde, en la Universidad de Ciencias de Tokio, estudió el procesamiento de materiales de ultraprecisión mediante diversas técnicas: electro descarga, microondas, haz de iones y electrones y láser. En 1974 acuñó el término nanotecnología para describir procesos de semiconductores, como la deposición de película delgada y el fresado de haces de iones que muestran un control característico del orden de un nanómetro, (Cositorto, 2007)

Tabla 10  
Evolución y Desarrollo de la Nanotecnología

| Año                  | Acontecimiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 400 a. C.            | Los griegos Leucipo y Demócrito fueron los primeros en plantear la idea de una partícula tan pequeña que no pudiera ser dividida; pero en realidad su planteamiento era mucho más especulativo que científico; nunca señalaron las características que debía tener tal partícula ni una forma práctica de encontrarla                                                                                        |
| Principios siglo XIX | Antoine Lavoisier con su trabajo los elementos químicos se habían identificado como sustancias que no podían descomponerse en otras más sencillas                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                      | Robert Proust estableció que todos los compuestos tienen proporciones bien definidas de los elementos que los conforman                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                      | John Dalton partió del trabajo de estos hombres y de sus propios experimentos —con monóxido de carbono y dióxido de carbono— para formular su teoría atómica: los átomos, partículas indivisibles, serían las unidades fundamentales de los elementos químicos y cada elemento —como el hidrógeno, el carbono o el oxígeno— tendría átomos diferentes en función de su masa distintiva                       |
|                      | Einstein, que en su trabajo sobre el movimiento browniano explicó la trayectoria aparentemente aleatoria de granos de polen sumergidos en agua como consecuencia de los choques de millones de moléculas. Con esto, Einstein estableció las bases para demostrar la existencia de los átomos y determinar su tamaño                                                                                          |
|                      | Se plantean por primera vez conceptos e ideas aplicables a la manipulación y control de átomos y moléculas                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1959                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1974                 | Taniguchi utiliza por primera vez el término "nanotecnología"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1977                 | Se crea el concepto de nanotecnología molecular                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1980                 | Nace la nanotecnología "moderna" con la finalidad de diseñar nuevos atributos en productos y servicios con la invención del microscopio de barrido (STM) y el microscopio de fuerza atómica (AFM)                                                                                                                                                                                                            |
| 1981                 | Eric Drexler, publicó el artículo <i>"Molecular Engineering: An Approach to the Development of General Capabilities for Molecular Manipulation"</i> inspirado en la conferencia de Feynman; en este artículo planteó su visión de la fabricación molecular, integrando ideas científicas modernas con los conceptos de Feynman para plantear su propia visión en fabricación molecular con precisión atómica |
| 1985                 | Descubrimiento de la molécula C60 conocida como "fullereno", con esta molécula se forman hexágonos y pentágonos como si fuera un balón de fútbol de un nanómetro de diámetro                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1986                 | Científicos del laboratorio IBM idearon el microscopio de efecto túnel (STM) que permitió manipular átomos                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1987                 | El microscopio STM ha sido clave para desarrollar otras herramientas que permitieron explorar el nanomundo, como los microscopios de fuerzas atómicas (AFM)                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1989                 | Se utilizó el equipo STM para manipular átomos de forma individual ubicándolos en las posiciones que los investigadores desearon                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1990                 | Eric Drexler hizo que el uso de la terminología "nano" comenzará a tomar auge para describir fenómenos a esa escala                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1990                 | Se origina una revolución potencial de la nanotecnología con el descubrimiento del nanotubo de carbono                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1992                 | Es utilizado el término "nanosistemas" y se aplican a la maquinaria molecular y los procesos quimicomecánicos tomando en cuenta los fundamentos y teorías de la nanotecnología (nanoescala) para construir elementos más pequeños                                                                                                                                                                            |
| 1997                 | Se funda la primera compañía en nanotecnología: Zyvex y se diseña el primer nanorobot                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1998                 | Se logra convertir a un nanotubo de carbón en un nano lápiz que se puede utilizar para escribir                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1998-2000            | Roco y Smalley, realizaron una intensa gestión para promover a las NT como nuevas Tecnologías de Utilidad General (TUG) con un gran potencial para reactivar la economía y resolver múltiples problemas sociales.                                                                                                                                                                                            |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | En este periodo se lograron unir campos fragmentados de la ciencia y la ingeniería a escala nano para establecer una definición científica y una visión a diez años para la I+D en NT                                                                                                      |
| 2000 | Estados Unidos es reconocido por presentar la primera iniciativa nacional de nanotecnología y esta se convierte en el “hit” en la mayoría de las naciones industrializadas, a través de iniciativas que son encabezadas por sus respectivos gobiernos                                      |
| 2001 | Se realiza el primer informe sobre la industria nanotecnológica                                                                                                                                                                                                                            |
| 2002 | Se presentan las cuatro etapas de prototipos industriales y comercialización con proyección hasta el año 2020; siendo el primero las nanoestructuras pasivas; en seguida las nanoestructuras activas; posteriormente los sistemas de nanoestructuras y finalmente los sistemas moleculares |
| 2007 | Se tiene un futuro abierto para desarrollar la robótica y la nanomedicina entre otras                                                                                                                                                                                                      |
| 2010 | La Comisión Europea hace referencia a diversos problemas por el nivel de toxicidad que ha provocado la nanotecnología para la salud y el medio ambiente, originando una desaceleración en cadena con el resto de los países                                                                |

Fuente: elaboración propia a partir de Einstein (1905); Feynman (1960); Taniguchi (1974); Drexler (1987); Haw (2005); Flores, Valdés (1986); Fanfair, Desai y Kelty (2007); Selin (2007); OCDE (2010); Roco (2011); Rogers (2011); Eisler (2012) y Maclurcan y Radywyl (2012).

Con lo anterior es fácil observar que la nanotecnología ha tenido un desarrollo interesante gracias a su carácter disciplinar y a su capacidad para mejorar las propiedades de la materia; es posible apreciar como la nanotecnología poco a poco va incursionando en los sectores industriales principalmente en aquéllos en los que interactúan instrumentos y materiales con propiedades y funciones moleculares distintas a las ya conocidas y que gracias a la ciencia y la tecnología se pueden manipular y producir; finalmente se espera que esta disciplina favorezca y de solución a diversos problemas debido a que se apuesta por una nueva era de productividad y riqueza.

### 3.1.2 Conceptualización de la Nanotecnología

El uso del prefijo “nano” en las ciencias naturales y exactas se ha empleado para hacer mención de una millonésima parte de un milímetro o  $1 \times 10^{-9}$  mts.; es decir, del nanómetro, el cual es utilizado para medir el tamaño de los grupos de los átomos y de las moléculas; otro concepto relevante en esta área es el de las nanopartículas; éstas son agrupaciones de átomos de uno o varios compuestos los cuales van a medir varios nanómetros de diámetro (Antúnez et al., 2000). Para explicar las propiedades fisicoquímicas de las partículas nanométricas se ejemplifica la actividad catalítica y su interacción con la luz, dependen de su tamaño y de su geometría y por lo regular difieren drásticamente de las propiedades que muestra el mismo material a escala macroscópica; a una escala nanométrica las propiedades dependen del tamaño de las partículas y de la manera en que están acomodados los átomos, es decir, aun

cuando dos nanopartículas están creadas por el mismo material y con el mismo número de átomos si su estructura geométrica es diferente, de igual manera sus propiedades lo serán (Antúnez et al., 2000).

Es común que se hable de la nanotecnología como la próxima revolución tecnológica debido a la diversidad de los sectores productivos en la que es posible aplicarla (Invernizzi y Cavichiolo, 2009). La capacidad de la nanotecnología de introducirse en todos los sectores económicos más o menos de manera simultánea; se debe a que en todos ellos utilizan algún tipo de material, los cuales pueden ser manipulados en tamaño nano. Existen definiciones de diferentes autores y organismos (ver tabla 11), a continuación, se presentan algunas de las más destacadas.

Tabla 11  
*Definiciones de Nanotecnología*

| <b>Autor</b>                                                   | <b>Concepto</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Foladori e Invernizzi (2005)                                   | Afirman que la nanotecnología responde a procesos técnicos novedosos, es decir, manipulación directa de átomos y moléculas, y aplicación de materia viva y no viva.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Poole y Owens (2007)                                           | Explican que la nanotecnología se basa en reconocer que las partículas con tamaños inferiores a 100 nanómetros confieren nuevas propiedades y nuevos comportamientos a las nano estructuras que con ellas se construyan, lo anterior ocurre porque la mayoría de las veces las partículas manifiestan una nueva química y física, lo que lleva a un nuevo comportamiento que va a depender exclusivamente del tamaño.                      |
| Gelves (2010)                                                  | Plantea que la nanotecnología está relacionada con el diseño, caracterización, producción y uso de estructuras, de dispositivos y de sistemas cuya forma y tamaño se controla a escala nanométrica, en la franja entre 1 y 100 nanómetros. Asimismo, el término nanomateriales engloba todos aquellos materiales desarrollados con al menos una dimensión en la escala nanométrica y exhibe propiedades nuevas relacionadas con su escala. |
| Centro de investigación en materiales avanzados (CIMAV) (2016) | La nanotecnología se dedica a la manipulación de la materia a escala molecular y atómica para diseñar estructuras con propiedades y aplicaciones. El potencial radica en su escala, pues las nanopartículas de algún material pueden presentar propiedades físicas, químicas y biológicas distintas a las que presenta en escala mayor, por lo que son ideales para el desarrollo de nuevos productos y aplicaciones                       |
| Massachusetts Institute of Technology (MIT) (2020)             | La nanotecnología consiste en la manipulación a esa pequeña escala que permite reinventar la materia para remodelar el mundo                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| European Comission (2020)                                      | La define como la ciencia que interviene en el diseño, la producción y el empleo de estructuras y objetos que cuentan con al menos una de sus dimensiones en la escala de 0.1 milésimas de milímetro                                                                                                                                                                                                                                       |

Fuente: elaboración propia a partir de Foladori e Invernizzi (2005); Poole y Owens (2007); Gelves (2010); Centro de investigación en materiales avanzados (CIMAV) (2016); Massachusetts Institute of Technology (MIT) (2020) y European Comission (2020).

Con las definiciones mencionadas es posible determinar que el impacto potencial de la nanotecnología en el mercado se le atribuye esencialmente a la capacidad de transformar y crear materiales innovadores; que la nanotecnología es una tecnología habilitadora de alto impacto capaz de influir en todas las industrias debido a que esta funciona de manera transversal con otras tecnologías; además el ser humano, ha usado las “*nanotecnologías*” durante siglos y su aplicación es en casi toda área imaginable (Vásquez et al., 2009).

### **3.1.3 Contexto de la Nanotecnología**

#### **3.1.3.1 Contexto Internacional**

El progreso y desarrollo de la nanotecnología a nivel mundial es cada vez más significativo, situación que puede observarse en distintas áreas y por las diversas aplicaciones que esta tecnología está operando. Por otro lado, países líderes en nanotecnología como es el caso de Estados Unidos, Japón, Corea del Sur y China, Australia e Israel han manifestado su interés en este campo por medio de iniciativas, programas nacionales y de la formación de capital humano.

Los países europeos tienen una participación destacada en su actividad científica; Alemania por ejemplo desde 1998 ya contaba con diversos centros nacionales en nanotecnología, Reino Unido, ha apostado por una infraestructura en centros de investigación muy grandes y por su parte Francia ha incrementado considerablemente el financiamiento de las nanociencias y de las nanotecnologías llevando una inversión aproximadamente de 30 a 70 millones de euros (Instituto de Economía Internacional. Universidad de Alicante, 2018).

Indiscutiblemente el potencial de la nanotecnología para fomentar el desarrollo económico ha impactado en los espacios sectoriales y políticos a nivel mundial; puesto que ha desempeñado funciones esenciales y se han abordado retos para un crecimiento sostenible e inteligente a través de la consolidación de mejoras en la competitividad de la industria europea; el Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) (2018) afirma que tal consolidación se debe a que han proporcionado productos novedosos y procesos más eficientes, principalmente por la incorporación de nanotecnologías en sus componentes,

originando con esto un valor en el mercado mundial de 2 billones de euros para 2020, creando también aproximadamente 6 millones de puestos de trabajo.

La inversión que el sector público mundial ha destinado un monto aproximado de 67,5 mil millones de dólares para el apoyo de investigaciones en nanotecnologías (Científica, 2011); la inversión que ha realizado Estados Unidos oscila entre los 25 millones de dólares del 2001 al 2018 ([www.nano.gov](http://www.nano.gov)), y para 2014 el mercado mundial de los productos con nanotecnologías estaba valuado en 24 millones de dólares.

Por otra parte, en Estados Unidos el impulso gubernamental de la nanotecnología fija sus antecedentes en la administración del ex presidente Bill Clinton cuando se estableció el *National Sciences and Technology Council* (NSTC) en 1993 (Delgado Ramos, 2007).

Posteriormente, de acuerdo con (Delgado Ramos, 2007) se creó el *Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology* (IWGN) en 1998, siendo el objetivo primordial el diseño de una iniciativa nacional de I+D y que finalmente se convertiría en un subcomité del NSTC en *Nanoscale Science, Engineering and Technology* (NSET).

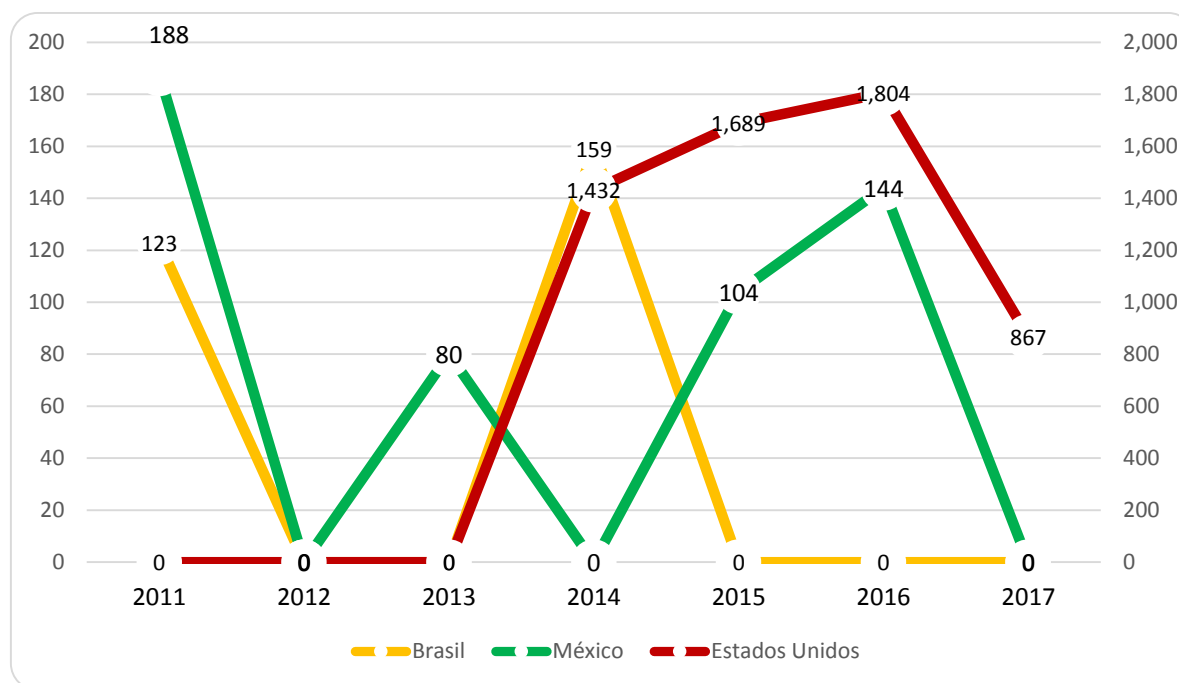
Como producto de esta iniciativa el gasto federal en nanotecnología pasó de 270 millones de dólares en el 2000 a 464 millones en 2001; a partir de 2005 y de diversos impulsos políticos las nanotecnologías en Estados Unidos superaban los mil millones de dólares, las nanotecnologías en este país se colocaron principalmente como un plan de acción para modelar la naturaleza, tipo y rumbo de una parte del alcance de la CyT a principios del siglo XXI (Delgado Ramos, 2007).

Todos estos apoyos se canalizaron a la construcción de instalaciones de investigación en universidades y parques científicotecnológicos y/o a la formalización de corredores o áreas de desarrollo nanotecnológico (National Science and Technology Council, 2004).

Como consecuencias de las acciones anteriores, a nivel mundial los países están haciendo grandes inversiones en cuanto a personal y equipo especializado sobre esta innovadora tecnología, al igual que los gobiernos de estos países de acuerdo con Urquilla (2019).

Por otro lado, la OCDE (2019) presenta el número de empresas activas en nanotecnología en un periodo de 2011 a 2017, en cuanto los países de América (ver figura 20) destaca Estados Unidos siendo este el país mayor número de empresas a partir de 2014, llegando a 1,804 en 2016, aunque también se observa una disminución considerable de 2016 a 2017 de un poco más de 900 empresas; de los países más representativos de América Latina se encuentra Brasil y México, en 2012 registraron 123 y 188 empresas respectivamente; el último dato que se observa de Brasil es de 2015 con 159 empresas y de México se registraron en 2016, 144 empresas activas.

Figura 20  
*Número de Empresas Activas en Nanotecnología a Nivel Mundial.*



Fuente: elaboración propia a partir de la OECD, Key Nanotechnology Indicators, <http://oe.cd/kni>, October 2019.

### **3.1.3.2 La Nanotecnología en América Latina**

Las primeras iniciativas de inversión en las nanotecnologías en América Latina datan de la década de 1990, de acuerdo con Foladori e Invernizzi (2013), las cuales fueron impulsadas por organismos internacionales como el Banco Mundial (BM), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Organización de los Estados Americanos (OEA) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE); todos estos organismos resaltaron las cualidades de la nanotecnología para obtener ventajas competitivas a nivel internacional; en este mismo orden de ideas Lugones y Osyckara (2018) trataron de que se impusiera como una línea tecnológica estratégica.

El desarrollo de la nanotecnología en América Latina, inicia con Brasil, el cual ha sido el primer país de América Latina en lanzar un programa nacional para el fomento de la nanociencia y nanotecnología y a partir de 2001 fueron creadas diversas redes de investigación que permitieron reunir a diversos investigadores de distintas universidades; las acciones anteriores encaminaron hacia la consolidación de un Programa Nacional de Nanotecnología (Invernizzi y Cavichiolo, 2009).

A principios de la década de 2010, gran parte de los países de América Latina conformaron grupos de investigación dentro de centros de investigación y de laboratorios en nanociencias y nanotecnologías, disponiendo en su mayoría de equipos de alta tecnología, y de un nivel similar al de los centros de excelencia internacionales (Foladori, Invernizzi y Záyago, 2012).

Es difícil estimar los financiamientos que los principales países de América Latina han recibido para desarrollar la investigación en nanotecnología (ver tabla 12); los gobiernos de países como Brasil, México, Argentina y Chile (Invernizzi, Korbes y Fuck, 2012; García, Lugones y Reising, 2012; Spivak L'Hoste *et al.*, 2012 y Záyago y Foladori, 2012), han invertido tanto en infraestructura con la construcción de diversos centros de investigación y laboratorios y en capital humano, así como en redes de investigación y en clústeres de investigación y producción, lo anterior haciendo promoción de concursos en asociaciones público-privadas.

Tabla 12

*Inversión Aproximada en Investigación de Nanotecnología en América Latina*

| País      | Rubro                                                              | Inversión               |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Brasil    | Laboratorios temáticos nacionales                                  | 250 millones de dólares |
| México    | Proyectos de desarrollo nacionales                                 | 60 millones de dólares  |
| Argentina | Financiamientos públicos orientados a pequeñas y medianas empresas | 50 millones de dólares  |

Fuente: Elaboración propia a partir de Invernizzi (2010); Salvarezza (2011); Takeuchi y Mora Ramos (2011); Invernizzi, Korbes y Fuck (2012) y Invernizzi, Hubert y Vinck (2014).

### 3.1.3.3 La Nanotecnología en México

Por su parte, la I+D en México se origina debido a que el gobierno realizaba acciones en búsqueda de la integración de las empresas con la academia y con la investigación, siendo este uno de los pilares clave para el desarrollo de la economía del conocimiento, de acuerdo con Záyago, Stacey y Foladori (2014), lo anterior se apresura con el ingreso de México a la OCDE 1994; esta organización hace mención de diversas medidas que México deberá considerar con la finalidad de establecer una industria tecnológicamente competitiva; entre las más destacadas: es la creación de una institución única para el control de todo lo referente a ciencia y tecnología (C&T), recomendó también la creación de una política en (C&T) para lograr la vinculación entre las necesidades del sector empresarial, la búsqueda de financiamiento externo y la reestructuración del CONACyT.

A fin de lograr las recomendaciones de la OCDE, México busco financiamientos en organismos internacionales, los cuales ejercen una influencia relevante en las políticas de países subdesarrollados; por tal motivo México recurre al Banco Mundial para costear la investigación científica y tecnológica, además logro relacionar a las universidades con el sector empresarial, se llevó a cabo la reestructuración de los centros públicos de investigación, así como optimizar en el sector privado las tecnologías; asimismo el apoyo a las instituciones de educación superior fue otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID); siendo tres las instituciones que han reportado ser beneficiarias: la Universidad Autónoma Chapingo UAC, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores

de Monterrey ITESM y la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM quien recibió un crédito en el año de 1993, con respecto a la política gubernamental (Maldonado, 2000). Por otro lado, y de acuerdo con algunas apreciaciones, entre 1998 y 2004, el CONACyT proporcionó un financiamiento aproximado de 14.4 millones de dólares a 152 proyectos de investigación relacionados con nanotecnologías y nanociencias (Záyago Lau y Foladori, 2010; Takeuchi y Mora Ramos, 2011 y Foladori et al., 2012).

Debido a lo anterior la investigación sobre nanotecnología en México despunta en la década de los 90 y de manera oficial incursiona desde 2001 al reconocer el gobierno a la nanotecnología como un área estratégica para dar seguimiento en el Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006 (PECyT), que era parte del Plan de Desarrollo del periodo ya mencionado; este plan se presentó en México como una política de largo alcance para la ciencia y la tecnología, orientada a apoyar la educación científica y tecnológica y fomentar la inversión pública y privada en investigación y desarrollo de las políticas.

Cabe hacer mención que el Programa Nacional de Nanotecnología recomendado por el PECyT 2001-2006 no fue creado por falta de recursos y de una iniciativa nacional (Foladori y Záyago Lau, 2007 y Foladori et al., 2012).

Por otro lado, en el PECyT también se argumentó la imperiosa necesidad de un Programa Nacional de Nanotecnología para sostener una red de intercambio científico (CONACYT, 2002); posteriormente el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECyT) 2008 – 2012 estableció a las nanociencias y las nanotecnologías como una de las nueve áreas prioritarias para el desarrollo de la ciencia y la tecnología; respecto a lo anterior para finales de 2010, la implementación de la política de nanociencia y nanotecnología en México se consumó con la creación de cuatro desarrollos significativos:

1. La creación de una red nacional de investigación (RNyN)
2. La construcción de dos laboratorios nacionales
3. El desarrollo de parques tecnológicos
4. El establecimiento del laboratorio binacional de sostenibilidad

Actualmente la RNyN, tiene como objetivo la creación de una Iniciativa Nacional en Nanotecnología a fin de generar y fortalecer en distintos enfoques a esta disciplina, orientadas a la creación de una mayor capacidad científica y tecnológica en el país y a la búsqueda de impactos económicos, sociales y científico tecnológicos; esta red reúne a más de 130 investigadores de diversos centros de investigación y universidades de todo el país de acuerdo con el CONACyT 2010, 2013; en cuanto al segundo desarrollo con un presupuesto de aproximadamente \$ 2 millones fueron construidos en 2006 el Laboratorio Nacional de Nanotecnología (NANoTeCH) en el Centro de Investigación de Materiales Avanzados (CIMAV) en Chihuahua y por su parte, otro presupuesto de \$ 2 millones al Instituto de Investigación Científica y Tecnológica de Potosí (IPICYT) construyó el Laboratorio Nacional de Investigación en Nanociencia y Nanotecnología (LINAN) (CONACyT, 2006).

También se crearon distintos parques industriales, tal es el caso del Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT), situado en Monterrey el cual alberga dos incubadoras especializadas en tecnologías emergentes: una para biotecnología y otra para nanotecnología; también es la sede del Clúster de Nanotecnología de Nuevo León (CNNL), siendo este el proyecto más significativo del PIIT (Záyago, 2011). Finalmente, el desarrollo del Laboratorio Binacional de Sostenibilidad (BNSL), fue creado en los estados de Chihuahua (México) y Nuevo México (EE. UU.), siendo este un laboratorio de negocios cuyo objetivo fue unir instituciones y universidades con actividades productivas y comerciales.

Otro aspecto relevante del Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECyT) 2008-2012 fueron los nuevos programas de financiamiento para empresas pequeñas, medianas; incluyendo las grandes corporaciones; con lo anterior y con la modificación de la Ley de Ciencia y Tecnología en 2009, se estipuló que los centros de investigación podían realizar iniciativas empresariales (*spin-off*) privadas, permitiendo con esto a los investigadores conservar hasta el 70% de las regalías por derechos de propiedad intelectual, estimulando así a los investigadores a convertirse en empresarios (Foladori, et al., 2012).

Por otro lado, en el PECyT de 2014-2018, se consideró nuevamente la relevancia social de la nanotecnología siendo esta un área prioritaria para que el programa alcance su objetivo general en cuanto al desarrollo sostenible y el progreso económico y social (Suárez, 2018). Asimismo, el plan establece diversas metas generales y específicas; estas consideran el incremento al gasto público con la finalidad de alcanzar una inversión del 1% del PIB en CyT, así como el incremento en el número de científicos miembros del Sistema Nacional de Investigadores en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas principalmente.

Con todo lo anterior es posible observar que en México se han implementado distintas estrategias con la finalidad de mitigar la insuficiencia de la infraestructura tecnológica y científica para la investigación de la nanotecnología, no obstante, ha realizado otros esfuerzos para poder avanzar en estos temas llevando a cabo lo siguiente; es posible mencionar las redes de colaboración científica y los acuerdos que se establecen en ellas, los cuales pueden estar constituidas por entidades académicas e industriales.

A continuación, se describen los acuerdos de colaboración más importantes:

1. En 2004 se firmó el Acuerdo de Cooperación Científica y Tecnológica entre la Comunidad Europea y México. Este convenio dio la posibilidad de que participaran los centros de investigación mexicanos en las actividades del Sexto Programa Marco de Desarrollo Tecnológico de la UE (2002-2006), en donde la nanotecnología fue un tema prioritario (Záyago Lau y Foladori, 2010; Foladori y Záyago Lau (2007), Foladori et al. 2012 y Foladori e Invernizzi, 2013, Mendoza y Rodríguez, 2007).
2. A través de convocatorias de CONACyT, de acuerdo con Suárez (2008) se otorgaron financiamientos para la formación de recursos humanos y promoción de redes, así como proyectos de investigación y en la infraestructura de laboratorios; cabe destacar que algunos centros de investigación y universidades determinaron recursos pero por medio de iniciativas de redes, proyectos de investigación y colaboración, mismos que se llevaron a cabo con organismos científicos internacionales de países como Argentina, Brasil y Estados Unidos.

3. Para 2004 se crea la Red Binacional de Centros de Diseño, la cual se estableció a través de la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC), que busca la colaboración en I+D de tecnologías de sistemas micromecánicos (MEMS) y nanomecánicos (NEMS). La función de esta red es la de elaborar diseños y prototipos para “nichos de mercado específicos”, con esta red se facilitó el desarrollo tecnológico de los microsistemas a través de la transferencia de tecnología con instituciones de Estados Unidos líderes en este campo de acuerdo con (Delgado Ramos, 2007). Este autor también explica que no se trata de un desarrollo de tecnología propia vinculada a las necesidades mexicanas, dado que los principales beneficiarios del programa son el Departamento de la Defensa y el empresariado estadounidense; otros autores como Foladori et al., (2017) señalan que esta Red, enfocada en MEMS y NEMS, cuenta con la participación de al menos doce universidades o centros de investigación mexicanos, al menos tres universidades estadounidenses y varias empresas estadounidenses y fue creado un laboratorio binacional de sustentabilidad en conjunto con un clúster binacional para encapsulación de MEMS/NEMS.
4. Se llevaron a cabo otros acuerdos entre el Centro Internacional de Nanotecnología y Materiales Avanzados, CINMA, de la Universidad Veracruzana y la Universidad de Texas (Austin), estos se llevaron a cabo a través del Consejo Nacional en Ciencia y Tecnología (Conacyt)<sup>20</sup>
5. En 2005, entablaron relación la Universidad de Guanajuato y la Universidad de Texas (Dallas) para investigaciones nanotecnológicas (University of Texas at Dallas, 2005);
6. Se establece en 2004 un “Consortio para proyectos de Nanotecnología”; con el establecimiento de un laboratorio binacional con EUA entre el Instituto público del CONACyT, el Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados, CIMAV

---

<sup>20</sup> Véase la convocatoria de 2005 de parte del Conacyt y la Universidad de Texas en la página oficial del primero. Recuperado de: [www.conacyt.mx/coop\\_internacional/Convocatoria-CONACYT-UT-AUSTIN-2005.html](http://www.conacyt.mx/coop_internacional/Convocatoria-CONACYT-UT-AUSTIN-2005.html) Igualmente consúltese el boletín informativo de la Universidad Veracruzana

(Chihuahua, México), y la Universidad de Texas, se suma la colaboración entre este Instituto y la Universidad del Estado de Nueva York en Albany<sup>21</sup>

7. También surge el proyecto de Nanoforum EULA que busca vincular investigadores latinoamericanos a los programas europeos de I+D<sup>22</sup>
8. Se formaliza la Red Latinoamericana de Nanociencia y Nanotecnología integrada por diversos entes de I+D mexicanos, la Universidad de Texas, la Universidad de California, el Instituto de Nuevos Materiales de Alemania, entre otros<sup>23</sup>
9. Finalmente, Foladori (2017) señala que, por influencia de la OCDE, la Secretaría de Economía de México ha elaborado lineamientos de aplicación voluntaria sobre regulaciones específicas en nanotecnologías y nanociencias, respetando los lineamientos de la Secretaría de Comercio de los Estados Unidos. Por otro lado, México, ha participado en el comité de la ISO de nanotecnología, y ha utilizado las definiciones de la ISO para emitir las normas mexicanas. De esta forma, en 2007 surge el Comité Técnico Nacional de Normalización en Nanotecnologías para la regulación de la nanotecnología y las nanociencias en México, considerando las recomendaciones de la OCDE y la ISO.

El equipo para realizar investigación en México es considerado de baja sofisticación; por lo tanto, a nivel mundial estas sus investigaciones han sido ubicadas en los últimos lugares (Delgado Ramos, 2007); las carencias han sido tales que la Universidad de Texas llevo a cabo la donación de una supercomputadora (CRAY-T3E) con la finalidad de apoyar a los investigadores mexicanos al desarrollo de prototipos y para el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica por parte de Motorola se llevó a cabo una donación de equipo por más de un millón de dólares para la fabricación de circuitos integrados (García, 2004).

---

<sup>21</sup> Véase el Informe de Resultados 2004 del CIMAV. Recuperado de: [transparencia.cimav.edu.mx/pdfs/Resultados2004.pdf](http://transparencia.cimav.edu.mx/pdfs/Resultados2004.pdf)

<sup>22</sup> Recuperado de: [www.mesaplustwente.nl/Links/nanoforumula/](http://www.mesaplustwente.nl/Links/nanoforumula/)

<sup>23</sup> Véase: [www.viepbuap.mx](http://www.viepbuap.mx)

Por su parte, el CONACyT en 2006, creó una Convocatoria para la “Presentación de Ideas para la realización de megaproyectos de investigación científica o tecnológica”. Con toda la información presentada, se implementaron redes temáticas que agruparan el esfuerzo de colaboración, apoyos a proyectos y desarrollaran líneas de investigación de acuerdo con las necesidades y oportunidades en temas de interés nacional.

Se aprobaron 14 redes en el tema de nanociencias y nanotecnología de distintos centros de investigación en nanotecnología del país; así fue como se creó la Red Temática de Nanociencias y Nanotecnología; estos megaproyectos en nanociencias y nanotecnología tienen como objetivo la creación de una Iniciativa Nacional en Nanotecnología con el propósito de generar y fortalecer ambas disciplinas con distintos enfoques, pero todas estos esfuerzos están dirigidos a la creación de una capacidad más amplia científica y tecnológica en el país para generar impactos sociales, ambientales, económicos, y científico tecnológicos (CEIICH, 2010).

Actualmente, se han realizado esfuerzos significativos encaminados hacia la mejora de equipamiento técnico para dar cumplimiento con las condiciones de investigación más adecuadas y competitivas, por lo que se estima de acuerdo con Záyago y Foladori, 2010 y Zanella et al. 2016 que hay más de 60 universidades o centros públicos de investigación en México con programas de I+D en nanotecnología y aproximadamente 500 investigadores involucrados.

Entre las universidades y laboratorios más destacados sobresalen la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), entre los más destacados; otras instituciones relevantes son: el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) (Záyago y Foladori, 2010 y Zanella et al. 2016).

Es importante hacer mención que a nivel educativo México tampoco cuenta con un programa nacional centralizado para las nanotecnologías, no obstante, posee diversos grupos de investigación en esta temática (Delgado, 2007) y con ello en 2010 lograron implementarse cerca de 33 programas de maestría y doctorado en nanotecnologías o con especialización en esta área y 7 cursos de licenciatura (Foladori et al., 2012 y Záyago Lau y Foladori, 2010).

Esta área ha ido creciendo de manera gradual y para 2017 se contaba ya con 44 programas de doctorado, 43 programas de maestría y 12 programas de licenciatura en nanotecnologías, los cuales han sido diseñados bajo esquemas de iniciativas propias de las universidades y no como un programa del (CONACYT) (Foladori et al. 2014; Zanella et. al. 2016 y Foladori et al., 2017).

### **3.1.4 Nanotecnologías Disruptivas**

Hablar de una tecnología disruptiva, es hablar de una tecnología que provoca cambios significativos y determinantes en los procesos de producción, en los productos y servicios; dejando atrás tecnologías antiguas y arcaicas; estas nuevas tecnologías pueden operarse en cualquier sector de la industria; el concepto de tecnología disruptiva se inspira en el de destrucción creativa, acuñado por Schumpeter en 1939; en el cual señalaba que la economía evoluciona por ciclos, periodos o quiebres en las que unas tecnologías son sustituidas por otras. La tecnología disruptiva la define Bower y Christensen (1995) como una innovación que ayuda a crear una nueva red de valor, capaz de irrumpir el mercado actual, desplazando una tecnología anterior.

Las características de las nanotecnologías radican en su carácter disruptivo y en estas se encuentran involucradas diversas técnicas que se caracterizan por llevar a cabo la manipulación de materiales a una escala atómica y molecular; ahora bien, la parte medular de este escenario se enfoca en la materia, ya que esta se presenta en un tamaño nanométrico y por lo tanto muestra propiedades físicas, químicas y biológicas distintas a las ya presentadas en tamaños más grandes o normales, además de tomar en cuenta su superficie en relación con la masa, se ha demostrado que las nanopartículas son altamente reactivas (Vidal, Carnota y Rodríguez, 2019; Foladori y Invernizzi, 2019).

Diversos autores como Feynman, Dexler, Smalley, Dunckley, y Kurzweil, argumentaron que las nanotecnologías forman parte de una gran revolución tecnológica y debido a las características técnicas de sus componentes son tecnologías con más ventajas frente a las tecnologías vigentes.

Por otro lado, la nanotecnología es apreciada como una tecnología disruptiva y se espera que se incremente su eficiencia en la industria, así como el desarrollo de nuevas aplicaciones radicales a través de tecnologías emergentes (Roco, 2006). A continuación, se presentan tres fortalezas (ver tabla 13) que Foladori (2009) destaca en el desempeño de las nanotecnologías disruptivas.

Tabla 13  
*Fortalezas de Productos Elaborados con Nanotecnología Disruptiva*

| Fortalezas                             | Ejemplo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Productos más eficientes               | Un motor que no usa aceite y tiene una vida útil más amplia<br>Un tejido que desprende perfume gradualmente, que no se arruga y no se ensucia<br>Un vidrio que se autolimpie                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Producto multifuncional                | Un pedazo de pan que contenga vitaminas que sólo serán disueltas por el organismo si éste las necesita, este producto cumple la función alimenticia y de suplemento vitamínico simultáneamente<br>Una camisa o un pantalón, que protegen contra las bacterias que pueden surgir en un accidente, este producto cumple la función de vestimenta y de primeros auxilios simultáneamente                                                                           |
| Productos ahorradores de materia prima | Una llanta de automóvil con nanopartículas de negro de carbón que puede hacerla durar mucho más que los cincuenta o sesenta mil kilómetros de las llantas corrientes, reduciendo así el consumo del caucho y sintéticos asociados<br>Libros digitales, que ya están a la venta y en un formato manual, como <i>Kindle</i> de Amazon, el cual puede almacenar miles de páginas, se podrá sustituir o reducir el consumo del papel y consecuentemente, de árboles |

Fuente: elaboración propia a partir de Foladori (2009)

El término nanotecnología disruptiva ya ha sido utilizado de acuerdo con Yonas y Picraux (2001), siendo estas las tecnologías que modificaron de manera radical todo el sistema de producción; abarcando casi todas las ramas de la producción y transformando a las tecnologías actualmente vigentes en obsoletas; ocupando los nanocomponentes en los nanoproductos en la producción industrial.

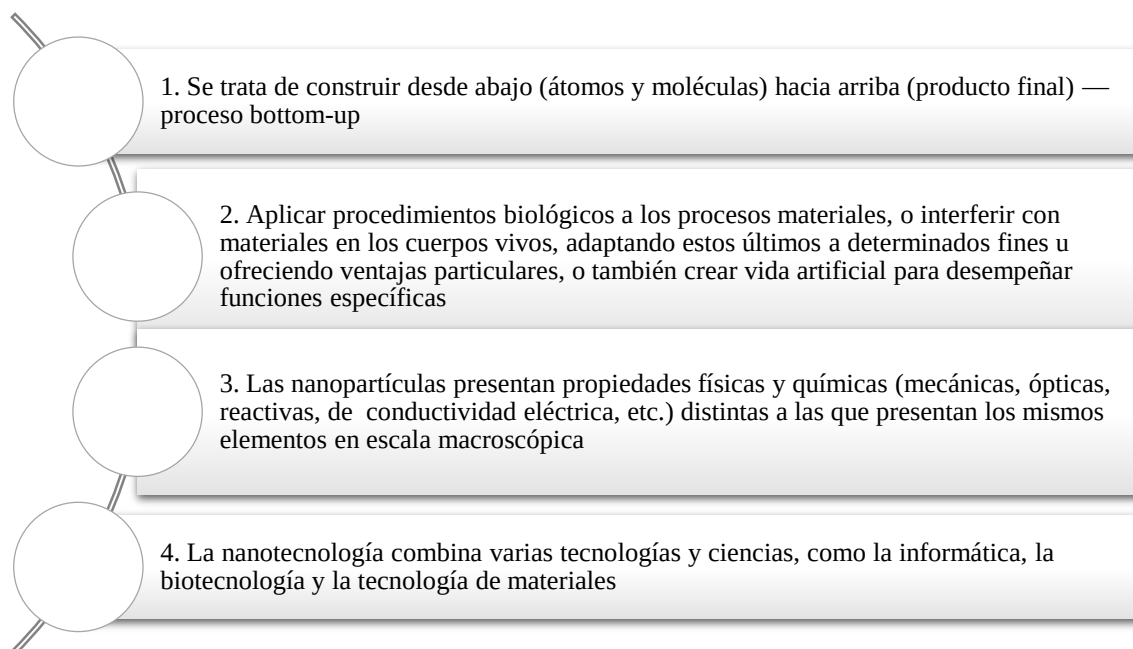
Las nanotecnologías disruptivas presentan otra cualidad importante, tener diferentes propiedades físicas que los mismos materiales en mayor tamaño; siendo este definitivamente el beneficio de la nanotecnología porque las convierte en tecnologías con efectos disruptivos para muchas economías y también para la estructura social (Invernizzi y Foladori, 2005).

Con lo anterior es posible que se lleve a efecto el fenómeno de la teoría de la disrupción al lograr la transformación de un mercado o sector existente; partiendo de que la innovación disruptiva se forma en un nicho de mercado que puede parecer poco atractivo para las empresas comerciales, pero finalmente el nuevo producto o idea redefine por completo la industria (Sartor, 2017).

Por otro lado, Invernizzi y Foladori (2008) describen por lo menos cuatro aspectos (ver figura 21) que caracterizan la nanotecnología como una ruptura tecnológica

Figura 21

*Características de la Nanotecnología como una Ruptura Tecnológica*



Fuente: elaboración propia a partir de Invernizzi y Foladori (2008)

Por último, Vieira-Posada (2019) menciona que las tecnologías son disruptivas por que rompen lo tecnológico anterior y se crean nuevas cadenas de producción, de materiales, de fuentes de energía, de medios de transmisión y de nuevas funcionalidades.

Todos estos cambios se han venido generando en distintos sectores industriales y los efectos originados por el uso de las tecnologías disruptivas se ven reflejados en las modificaciones de las condiciones productivas que hasta el día de hoy se conocen y que Viera-Posada afirma la presencia de la nanotecnología y la biotecnología principalmente.

### **3.1.5 Surgen Nuevos Materiales**

Los materiales convencionales que se han tratado durante mucho tiempo han sufrido en su mayoría una metamorfosis derivada de estar al servicio de las necesidades y actividades del ser humano y en un proceso de mejora continua se ha logrado una gran diversidad de avances por parte de la ciencia permitiendo así el desarrollo de nuevos materiales a través de la nanociencia y la nanotecnología; entre los más destacados se describen los siguientes:

#### **3.1.5.1 Materiales Nanoestructurados**

La nanociencia y la nanotecnología son disciplinas recientes capaces de diseñar novedosos materiales, componentes y aplicaciones en la física, química, medicina, biología molecular, medio ambiente y en industrias como la farmacéutica, la textil, la química entre otras (Mendoza y Rodríguez, 2007).

Debido a lo anterior, se requiere de diversas ciencias y/o disciplinas para el estudio y manejo de nanoestructuras, es decir que las nanotecnologías son un campo inter y multidisciplinario, esto es que describe una relación preliminar entre dos o más disciplinas, en tanto que interdisciplinario se refiere a que la vinculación entre varias disciplinas es más resistente; por lo tanto la interdisciplinariedad y la multidisciplinariedad son de las características más sobresalientes de las nanotecnologías.

Ahora bien, los materiales nanoestructurados se producen a través de técnicas experimentales como las siguientes:

a). *Top-down* o de arriba-abajo: esta técnica se inicia con una pieza grande de material y a través de grabado o molienda se obtiene de ella una nanoestructura mediante la remoción del material; esto puede hacerse mediante técnicas de alta precisión como las litográficas, la escritura o el estampado que se han desarrollado durante los últimos treinta años para producir circuitos en microprocesadores y que se intenta mejorar para conseguir cada vez mayor precisión.

b). *Bottom-up* o de abajo-arriba: técnica en la que los materiales nanoestructurados se producen a partir de “nanobloques” de átomos o moléculas, usan procesos de autoensamble para obtener arquitecturas supramoleculares ordenadas o en estado sólido, a partir de la escala atómica hacia la escala mesoscópica

La clave de los materiales nanoestructurados se establece en sus propiedades debido a que se manejan a una escala micro y nanométrica; por ello para desarrollar materiales nuevos está en función de la habilidad de controlar su estructura a escalas muy pequeñas, como ya se comentó anteriormente las nanotecnologías convergen en diversas disciplinas y están inmersas en distintas áreas, desde las ciencias de los materiales hasta la electrónica, desde la computación hasta la medicina y básicamente en lo que se refiere a las ciencias de los materiales los cambios que se están generando son impresionantes en virtud de que estos son necesarios e indispensables para la fabricación de toda clase de objetos útiles no solo para la supervivencia de la vida humana, sino también para hacerla más sencilla y de mejor calidad, tal es el caso de plásticos, textiles, acero, entre otros.

### **3.1.5.2 Nanomateriales**

La manipulación de los materiales, de acuerdo con Quintili (2012) es otro proceso que se puede llevar a cabo a través de la nanotecnología; con la manipulación de la materia en la escala nano surgen los nanomateriales, éstos van a tener su área de aplicación de acuerdo a la forma, procedimiento y fin para lo cual fueron manipulados, estos materiales pueden obtenerse del medio ambiente con sus características naturales o pueden ser creados de manera sintética y se les puede atribuir características especiales. Estos nanomateriales pueden ser subdivididos en nanopartículas, nanocapas y nanocompuestos.

A través de los años han surgido diversas investigaciones de distintas áreas de estudio que han dado a conocer una serie de nanomateriales y nanopartículas (ver tabla 14), los cuales se han incorporado a productos que han proporcionado una serie de beneficios a la sociedad, al medio ambiente y a los sectores productivos.

Tabla 14  
*Productos con Nanotecnología*

| Producto                  | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dendrímico                | Son moléculas tridimensionales, nanoescalares, así llamadas porque las estructuras semejan árboles con ramas (dendrones); son capaces de alojar, ya sea en las cavidades internas como así t Los avances de la nanotecnología impactan en múltiples industrias, impulsando a las tecnologías existentes y creando nuevas con gran potencial también en la superficie, pequeñas moléculas que después pueden liberarse en momentos, lo que los hace prometedores agentes de suministro de medicamentos, y agentes de suministro de perfumes y herbicidas con liberación programada según un esquema temporal |
| Fago T4                   | Su diseño está inspirado en los virus, dando vida a una máquina que tiene la capacidad de colocar sus patas sobre la superficie de las bacterias e inyectarles ADN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Nanoalambres              | Son nanoestructuras en forma de filamento, recubierto de receptores biológicos específicos a determinado tipo de microorganismos y/o sustancias que al encontrarse inmerso en un medio celular puede variar su conductividad eléctrica al reconocer el agente de acuerdo al tipo de receptores en su superficie                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Nanobiosensores fotónicos | Están basados en nanopartículas de oro o magnéticas que interactúan con los Quantum Dots (puntos cuánticos) de energía de la radiación electromagnética llamados fotones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Nanobombas                | Son conglomeraciones de nanotubos de carbono recubiertos de anticuerpos a escala nanométrica, que una vez son expuestos a la luz y al calor resultante, son incapaces de disipar la energía concentrada y se produce una especie de explosión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Nanoesferas               | Sistemas de tipo gel y coloidales, generalmente hechos de polímeros naturales o sintéticos, que contienen una sustancia activa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Nanosensores              | Dispositivos diseñados nanométricamente encargados de detectar una determinada acción externa, temperatura, presión, compuesto químico entre otros                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Nanomotores               | Los nanomotores ilustran un ejemplo de engranaje atómico realizado por ordenador. Estos son de nanotecnología Bottom-Up                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Nanotransportadores       | Son de gran eficacia en el momento de transportar fármacos y ADN, esto facilita la capacidad de dirigir con precisión un fármaco a la localización deseada en el cuerpo, tal como la de órganos particulares o células específicas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Nanopartículas            | Pieza pequeña de materia, compuesta de un elemento particular o un compuesto de elementos, por lo regular miden menos de 100 nanómetros de diámetro; el término puede referirse a un amplio rango de materiales, incluida la materia particulada que expulsa el tubo de escape de un automóvil. En los últimos veinte años, las partículas diseñadas con ingeniería nanológica se fabrican con fines comerciales, con el propósito de sacarle ventaja a sus efectos cuánticos. Actualmente se está utilizando fármacos, lubricantes, tintas, herramientas, tejidos entre varios otros                       |

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nanoshells     | Son nanopartículas que se conforman de una delgada capa metálica generalmente de oro, de unos 8 a 10 nanómetros que recubre una estructura esférica de silicio de un diámetro aproximado de unos 100 nanómetros                                                                                          |
| Nanocompuestos | Compuestos de metales, polímeros y materia biológica que permiten comportamiento multifuncional. Aplicados donde pureza y conductividad eléctrica importan, como microelectrónica, llantas de automóviles, equipos deportivos como raquetas y pelotas de tenis, ropa, textiles, antisépticos entre otros |

Fuente: elaboración propia a partir de Echeverría (2013) y Foladori (2009).

### 3.1.5.3 Nanotubos de Carbono

A continuación, se hace una descripción del nanotubo de carbono, el cual fue descubierto en 1991 por Sumio Iijima; este es un bloque de construcción formado por una hoja de carbono enrollada, el cual se conecta formando un tubo.

Posteriormente Richard Smalley en 1996 desarrolló un método de producción de nanotubos de diámetros uniformes; en el año 2000 se desarrolló otro método para transformar nanotubos de carbono en estructuras rígidas por parte de científicos de la universidad de Rice; este nanotubo de carbono representa una de las estructuras más destacadas y de mayor aplicación de la nanotecnología, revolucionando esta disciplina ya que muestra una resistencia muy alta y propiedades para aplicaciones singulares como conductividad eléctrica y térmica; los nanotubos son materiales de entre 50 a 100 veces más fuertes que el acero; actualmente es posible encontrar aplicaciones de nanotubos en la industria aeroespacial, automotriz, construcción y electrónica, aunque es difícil conseguir fabricar nanotubos en gran escala para abastecer una producción industrial (Iijima, 1991 y Maoshuai, et al., 2019).

Cabe hacer mención que el tamaño extremadamente pequeño de los materiales arriba mencionados permite una amplia gama de aplicaciones potenciales por la obtención de distintas características y utilidades que van a desplazar a las anteriores. Todos estos materiales se utilizan en una gran variedad de productos de consumo, médicos, comerciales e industriales.

### 3.1.6 Aplicaciones de la Nanotecnología en la Industria

El mundo actual es testigo de cambios tecnológicos acelerados y exhaustivos, logrando un fuerte impacto en la sociedad, los negocios y la economía; en este caso la nanotecnología cuenta con los atributos adecuados para lograr cambios en los mercados y en las industrias nunca antes vistos, es decir, la nanotecnología es capaz de proporcionar herramientas para crear nuevos materiales, nuevos procesos de fabricación a costos muy bajos y verdaderamente eficientes, además de cambiar la estructura de los negocios y de crear nuevos modelos comerciales (Urquillas, 2019).

Al hablar de cambios que la nanotecnología puede proporcionar es hablar de diversas funciones que van a generar nuevos productos con nuevas características que van a desplazar a otras o a volverlas obsoletas y que indiscutiblemente van a generar cambios en el mercado; ahora bien, hoy en día las nanotecnologías tienen el potencial para desarrollar diversas herramientas que se utilizan en distintos sectores industriales, (ver tabla 15), tales como la salud, la energía, la electrónica, las comunicaciones, textiles, el deporte, la construcción por mencionar algunos (Carrozza y Brieva, 2015).

Tabla 15  
*Ejemplos de Aplicaciones Industriales de la Nanotecnología*

| Industria    | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Construcción | A través de nanopartículas de silicio se ha logrado mejorar la fortaleza del cemento y se han conseguido efectos de autolimpieza en los cristales mediante coberturas de nanopartículas de dióxido de carbono.                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Energía      | Creación de energía más limpia, a su almacenamiento y transferencia<br>Elaboración de baterías de mejor calidad, eficientes, que generen menos contaminación y que por el tipo de material el ahorro de energía sea mayor.                                                                                                                                                                                                                                                |
| Textil       | Con los nanomateriales es posible reducir la adhesión de partículas y evitar cierto tipo de manchas, es posible manejar nanopartículas de plata para tratamientos antibacterianos.<br>Las nanoesferas tienen la posibilidad de añadirse a través de un baño a los textiles con funciones de autolimpiante, repulsivo de agua entre otros<br>Los nanotubos de carbono son utilizados para la fabricación de chalecos anti-balas y equipo de protección de alta eficiencia. |
| Deporte      | Usando nanotubos para la fabricación de palos de golf que desaparecen el destello, o trajes para natación que disminuyen la fricción y reducen la filtración del agua en la tela.                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Cosmética    | Sé han utilizado nanopartículas para aumentar la absorción de los tratamientos para la piel, óxido de zinc para filtros ultra violeta o nanopartículas de oro con efectos verdaderamente potenciales en la regeneración celular.                                                                                                                                                                                                                                          |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | Se diseñan nanosistemas de liberación de fármacos que actúan como transportadores de fármacos a través del organismo, direccionado a las células tumorales y reduciendo el acumulo de fármacos en las células sanas.                                                                                                                                                                                                                                       |
| Medicina    | También ya es posible trabajar con dendrímeros, se trata de estructuras tridimensionales ramificadas que pueden diseñarse a escala nanométrica. Los dendrímeros cuentan con varios extremos libres, en los que se pueden acoplar y ser transportadas moléculas de distinta naturaleza, desde agentes terapéuticos hasta moléculas fluorescentes para transportar por ejemplo ácido fólico o folato, una vitamina necesaria para el funcionamiento celular. |
| Alimentos   | Nanocápsulas de Omega 3 que convierte a los alimentos en productos nanomejorados con su función original alimenticia e incrementándole la función de suplemento nutricional.<br>Envases para alimento que protegen de la humedad, alarga la vida útil del producto y brinda mayor seguridad.                                                                                                                                                               |
| Agrícola    | Nanocompuestos aislantes, cumplen diversas funciones, primero incrementar la capacidad de aislamiento térmico y ser un anticorrosivo y fungicida Ayuda a evita agroquímicos, a incrementar la producción agrícola mejorando los nutrientes y reduciendo la pérdida de fertilizantes a través de nanocápsulas.                                                                                                                                              |
| Calzado     | Calzado térmico que mantiene la temperatura constante independientemente de la exterior.<br>Uso de nanomateriales para la elaboración de calzado para pie diabético<br>Elaboración de calzado para uso industrial con antiderrapantes.                                                                                                                                                                                                                     |
| Automotriz  | Mencionando las distintas partes de un auto, se han desarrollado pinturas con mayor resistencia y menor erosión y en recubrimientos antireflejos y aislantes del calor, en asientos repelentes de la suciedad y que al caer una gota de aceite no se manchan, en filtros que evitan contaminación del exterior o en neumáticos con aleación autolimpiante y en la electrónica e instalación eléctrica, entre otros puntos                                  |
| Ganadería   | Nanopartículas que se han desarrollado para administrar vacunas o fármacos para los animales, de igual manera nanosensores para detectar microorganismos, enfermedades y sustancias tóxicas                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Cosmética   | Elaboración de bloqueadores o protectores solares con óxido d zinc o de titanio de titanio que es lo que les da el color blanquizco; además de cremas solares                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Electrónica | El control de la materia a escala nanométrica es evidente y las herramientas que se usan en este sector permiten fabricar estructuras nanométricas e integrarlas en los procesadores o chips                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Químico     | Se han desarrollado muchas técnicas y procedimientos que poseen la capacidad de producir materiales nanométricos de forma masiva, como las técnicas de deposición química en fase de vapor y actualmente permiten la fabricación de toneladas anuales de nanotubos de carbono y de grafeno                                                                                                                                                                 |

Fuente: elaboración propia a partir de Nanoespacio. (2009). Aplicaciones industriales de la Nanotecnología. Retrieved June 23, 2019, from <http://www.madrimasd.org/noticias/aplicacionesindustriales-de-lananotecnologia/41815>.

Por otro lado, el Mercado Global de Nanopartículas 2010 – 2017 describe que las propiedades de las nanopartículas de metal y óxido de metal también conocidos como nanopolvos o nanocristales revelan propiedades eléctricas, magnéticas, ópticas y químicas con un mejor material del que están elaboradas usualmente; los avances en este tipo de materiales van a depender de la capacidad de sintetizar nanopartículas de distintos materiales, formas y tamaños, así como de la forma de armarlas y/o ajustarlas.

Es posible encontrar estos materiales en diversas composiciones, formas, tamaños, recubrimientos superficiales y morfología de la superficie y prometen una gran variedad de funciones a ocupar en distintos sectores tales como antibacteriano, anticorrosión, fácil limpieza, barrera térmica, protector y absorbente de rayos UV y sus combinaciones, por mencionar los más destacados; próximamente el uso de estos materiales se incrementará considerablemente debido a que su producción es de cientos de miles de toneladas para ser utilizados en productos electrónicos de consumo, automóviles, pinturas y recubrimientos, aeroespacial, artículos deportivos, limpieza del hogar, construcción y medicina.

La nanotecnología se ha convertido en una disciplina de vital importancia para el crecimiento de los distintos sectores industriales y los productos elaborados con esta tecnología; los cuales están resultando ser una solución a diversos problemas con un potencial significativo.

### **3.1.7 Empresas de Nanotecnología en México**

Actualmente el avance de las nanotecnologías tiene una gran repercusión en la industria, la cual se puede palpar por la relevancia económica que el uso de las nanotecnologías representa y los cambios disruptivos que puede generar en las organizaciones; por tal razón en distintos países han realizado registros de los productos elaborados con nanotecnologías y las empresas que los producen (ver tabla 16) es posible observar los esfuerzos hechos de distintos países por obtener estos inventarios.

Tabla 16

*Inventarios más Relevantes de Empresas de Nanotecnología en el Mundo*

| País                                                | Metodología                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estados Unidos                                      | El punto de partida de la recopilación de datos fue el análisis sistemático de la web y el complemento de tal información por iniciativa de algunas empresas. Este inventario se construye a partir del producto nanotecnológico en el mercado, por lo que existen varias empresas que obtienen más de un registro                                                                                                                                                                                                             | 1,800 productos registrados                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Estados Unidos, Alemania, Reino Unido, Japón, Suiza | Nanowerk es un sitio web que tiene el objetivo de difundir información sobre el desarrollo de las nanotecnologías. Mantiene varias bases de datos, incluyendo un registro global de compañías nanotecnológicas. Las empresas se clasifican en orden alfabético según el país donde se localiza la matriz                                                                                                                                                                                                                       | Estados Unidos con 1,025 empresas<br>Alemania con 210 empresas<br>Reino Unido con 143 empresas<br>Japón con 54 empresas<br>Suiza con 46 empresas                                                                                                                                                                          |
| Alemania                                            | El Ministerio Federal de Investigación y Educación es el encargado de mantener este inventario, que incluye redes de investigación, laboratorios, universidades, agencias de gobierno, organizaciones no gubernamentales (ONG), museos y empresa.                                                                                                                                                                                                                                                                              | Empresas nanotecnológicas: 830 pequeñas y medianas, 279 grandes<br>Los registros están clasificados según el sector de aplicación: automotriz, químico/materiales, construcción, energía, equipo, salud, entre otras<br>Las disciplinas tecnológicas que complementan: biotecnología, óptica, química, entre otras        |
| Canadá                                              | Mantiene un directorio nacional de compañías nanotecnológicas administrado por el Ministerio de Industria (Industry Canada-[IC]). El registro es voluntario y funciona como un mecanismo de vinculación entre las partes interesadas en el área                                                                                                                                                                                                                                                                                | El directorio contiene dos subdirectorios:<br>1. Se organiza en 3 subdivisiones de acuerdo con usuarios, productores y servicios que se proveen.<br>2. Se subdivide en función de los nanomateriales utilizados: metálicos, súper aleaciones, polvos metálicos, materiales de carbón, materiales compuestos, entre otros. |
| Dinamarca                                           | Tiene un inventario de productos de las nanotecnologías que circulan en el mercado local: Nanodatabase.<br>El inventario es patrocinado por el Consejo Danés de Consumidores, el Departamento de Ingeniería Ambiental y el Consejo Ecológico.<br>El registro en el inventario se basa en la contribución de consumidores primordialmente. Para registrar un producto se llena un formulario en línea, en el cual se ingresa el nombre del producto y los datos generales de la empresa, además de anexar una foto del producto | 1,423 productos identificados                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Argentina                                           | La Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) mantiene un catálogo que ofrece información sobre empresas, proveedores, equipos y servicios de la cadena de valor de las nanotecnologías en el país.<br>El método para incorporar nuevos registros al                                                                                                                                                                                                                                                                          | El inventario tiene algo más de 40 registros                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                  |                    |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|                                                    | catálogo se hace mediante el llenado de un formulario y el envío de fotografías de los productos                                                                                                                                                                 |                    |
| Canadá las provincias de Ontario, Quebec y Alberta | Mantienen inventarios desde hace unos años. Sin embargo, el inventario de Alberta es específico sobre entidades manufactureras. El inventario NanoAlberta utiliza un mapa georeferencial para ilustrar la ubicación de las empresas y factorías en esa provincia | Más de 90 empresas |

---

Fuente: elaboración propia a partir de WWICS (s.f.); Nanowerk.com (2015); MFIyE (2015); IC (2015); Nanodatabase (2015), FAN (2012) y NanoAlberta (2015).

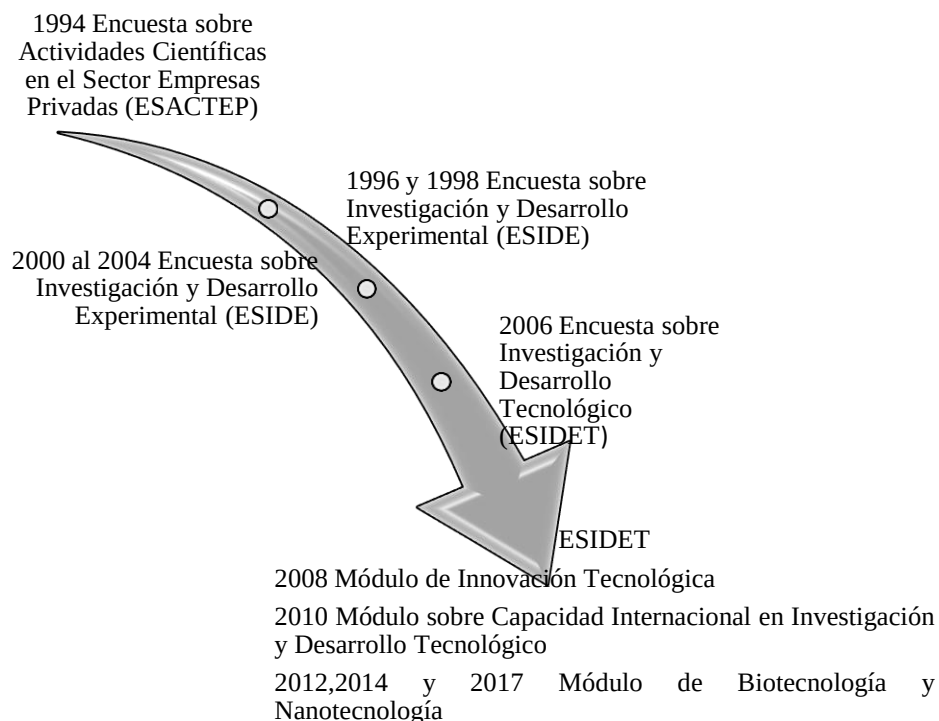
En México se levanta una encuesta que es específica en las empresas que trabajan con nanotecnología, lo anterior se ha llevado a cabo a petición de la OCDE; por lo consiguiente el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en convenio con el CONACyT a través de la (ESIDET) se ha encargado de hacer el levantamiento de dicha información; esta encuesta tiene sus orígenes en la década de los noventa (ver figura 22), la cual se aplicó a las empresas sobre Actividades Científicas y Tecnológicas en el Sector empresas Privadas (ESACTEP). Para el levantamiento de la información en 1996 y 1998 la encuesta ESACTEP cambia de nombre a Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Experimental (ESIDE).

Las siguientes aplicaciones que se realizaron en el año 2000 hasta el 2004 se trabajó con la misma encuesta ESIDE; posteriormente en la aplicación que se llevó a cabo en 2006 cambia el nombre a Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET) y finalmente las aplicaciones de 2008 a 2017 que es cada bienio, se distinguieron por los módulos de Innovación Tecnológica, el de Cooperación Internacional en Investigación y Desarrollo Tecnológico y los módulos de Biotecnología y Nanotecnología.

Es importante destacar que para la aplicación de estas encuestas se realizó a través de los convenios y financiamientos que establecieron INEGI-CONACyT a excepción de la aplicación del año 2000, dicho levantamiento lo realizó una empresa especializada de consultoría.

Figura 22

*Antecedentes Encuesta Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET)*



Fuente: elaboración propia a partir de <https://www.inegi.org.mx/programas/esidet/2017/>

La ESIDET busca conseguir información para conocer el progreso de las actividades científicas y tecnológicas en todo el país, principalmente en las actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación (ESIDET, 2017); por otro lado, las investigaciones realizadas sobre este tema en México son las siguientes:

En 2008, se establece el primer estudio sobre el Diagnóstico y Prospectiva de la Nanotecnología en México, el cual fue llevado a cabo por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) con el apoyo de la Secretaría de Economía (SE), en el estudio se identificaron 56 instituciones que desarrollan actividades de investigación y docencia relacionadas con nanotecnología, por otro lado se detectaron 449 investigadores afines a esta área del conocimiento destacando un mayor número de investigadores en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). De igual forma se establecieron 340 líneas

de investigación y 191 proyectos. Por el lado de la academia se detectaron programas de maestría y doctorado donde se imparten asignaturas relacionadas con la nanotecnología.

El estudio presenta un primer inventario sobre las empresas que trabajan con nanotecnología; donde se destaca que de las 94 empresas 64% se ubican como grandes, 20% son medianas, 12% pequeñas y sólo 4% son consideradas micro empresas. Distribuidas en 15 entidades federativas, siendo el estado de Nuevo León el de mayor porcentaje con 22.3%, seguido del estado de Jalisco con 14.9%, Ciudad de México y Estado de México con 14.8% y Guanajuato con 11.7% (CIMAV, 2008).

Záyago-Lau y Foladori (2010) realizan un diagnóstico de las acciones que los centros de investigación han elaborado para incorporarse a la revolución de las nanotecnologías; ejemplo de ellos es el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) organismo que en 2008 inaugura el NANOTECH (Laboratorio Nacional) con el propósito de poner al servicio de las instituciones y empresas mexicanas el desarrollo de aplicaciones específicas con nanotecnología.

Otra institución clave para el desarrollo de la nanotecnología es el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) quien actualmente funge como sede del Laboratorio Nacional de Investigaciones en Nanociencias y Nanotecnología (LINAN), con el propósito de orientar sus investigaciones en la formación de recursos humanos competitivos y contribuir al desarrollo de las empresas en la región; tanto el NANOTECH como el LINAN se presentan como los proyectos más relevantes de la nanotecnología en México.

Estos autores hacen mención de diversos centros de investigación y desarrollo que trabajan con nanotecnología, presentando datos sobre 56 centros de investigación y 449 investigadores trabajando con 340 líneas de investigación relacionadas con la nanotecnología.

Posteriormente, en 2013 Záyago-Lau, Foladori, Appelbaum y Artega, presentan un artículo denominado “Empresas nanotecnológicas en México: hacia un primer inventario”, la investigación inicia en 2010 y tiene como objetivo brindar información relacionada al estado de la investigación y producción de la tecnología en la industria en México. El estudio es considerado como un primer inventario que procede de una investigación académica exploratoria presentando los siguientes resultados: se detectaron 101 que realizan actividades de nanotecnología; en este inventario no se incluyeron los centros de investigación públicos y privados que solo investigan nanotecnología (Záyago – Lau, et al. 2013).

La información se encuentra de forma sistematizada y se obtuvo a partir de distintas fuentes: búsqueda en la web, artículos científicos y de divulgación, presentaciones en encuentros, foros y congresos y entrevistas con algunos investigadores que trabajan con nanotecnología (Záyago – Lau, et al. 2013). De las 101 empresas identificadas 39 se localizaron en el estado de Nuevo León y 31 en Ciudad de México, 10 en el Estado de México, 4 en Querétaro, 3 en el estado de Jalisco, Tamaulipas, Sonora y Coahuila con 2 respectivamente, mientras que en los estados de Baja California, Hidalgo, Morelos, Puebla, San Luís Potosí, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán con una empresa; De igual forma el diagnostico considero el sector al que pertenecen las empresas y el lugar que ocupa en la cadena de valor.

En 2015 (Záyago – Lau, et al. 2015) presentaron un Análisis Económico Sectorial de las Empresas Nanotecnológicas en México, destacando cuatro fases para la realización de este estudio, la primera fase consistió en la creación de un inventario, para identificar las empresas con nanotecnología, durante la segunda fase se desarrolló la clasificación económica sectorial; la tercera fase sirvió para ubicar la producción en términos de la cadena de valor de las nanotecnologías y la cuarta fase fue para agrupar los productos de acuerdo a la producción de ulteriores, procesos productivos o bien productos de consumo personal; Los resultados de esta investigación arrojaron 139 casos confirmados.

En 2018, ProMéxico presenta el estudio denominado “El Mundo de la Nanotecnología, Situación Actual y Prospectiva para México”, elaborado por la Unidad de Inteligencia de Negocios; en este estudio se hace una descripción del ecosistema de la nanotecnología en

México presentándose los siguientes datos: 70 empresas que trabajan con nanotecnología, 58 centros de investigación y desarrollo tanto públicos y privados, 55 instituciones educativas, 7 redes temáticas de investigación y un clúster especializado que cuenta con una incubadora de empresas en este ramo.

En este estudio se especifican datos como el número de instituciones de servicios educativos identificándose 40 organismos de este tipo, de los cuales 24 ofrecen distintos programas orientados a la nanotecnología, también se reconocen más de dos mil investigadores especializados colaborando en alguna de las redes temáticas nacionales e internacionales (ProMéxico, 2018).

El diagnostico consideró los resultados publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2012) presentando un inventario de empresas del sector productivo que hicieron uso de la nanotecnología, identificándose 188 empresas distribuidas en los siguientes sectores industriales; 44% corresponden al sector de sustancias y productos químicos, 13% a maquinaria y equipo, 10% pertenecen al sector productos de informática, electrónica y óptica así como al sector para otros productos minerales no metálicos respectivamente; 8% es para el sector farmacéutico, finalmente para otros sectores con menos de cuatro registros.

Es importante destacar que este estudio presenta 58 centros de investigación operando con recursos públicos y privados, ubicados principalmente en el estado de Nuevo León, seguido por Querétaro y Ciudad de México (ProMéxico, 2018).

Los resultados presentados sobre los inventarios de las empresas que trabajan con nanotecnología en el mercado mexicano son difíciles de determinar; los mismos autores mencionan que no son inventarios exhaustivos ni estadísticamente representativos, pero es el único inventario amplio y sistemáticamente manejado para establecer la orientación del desarrollo de las nanotecnologías.

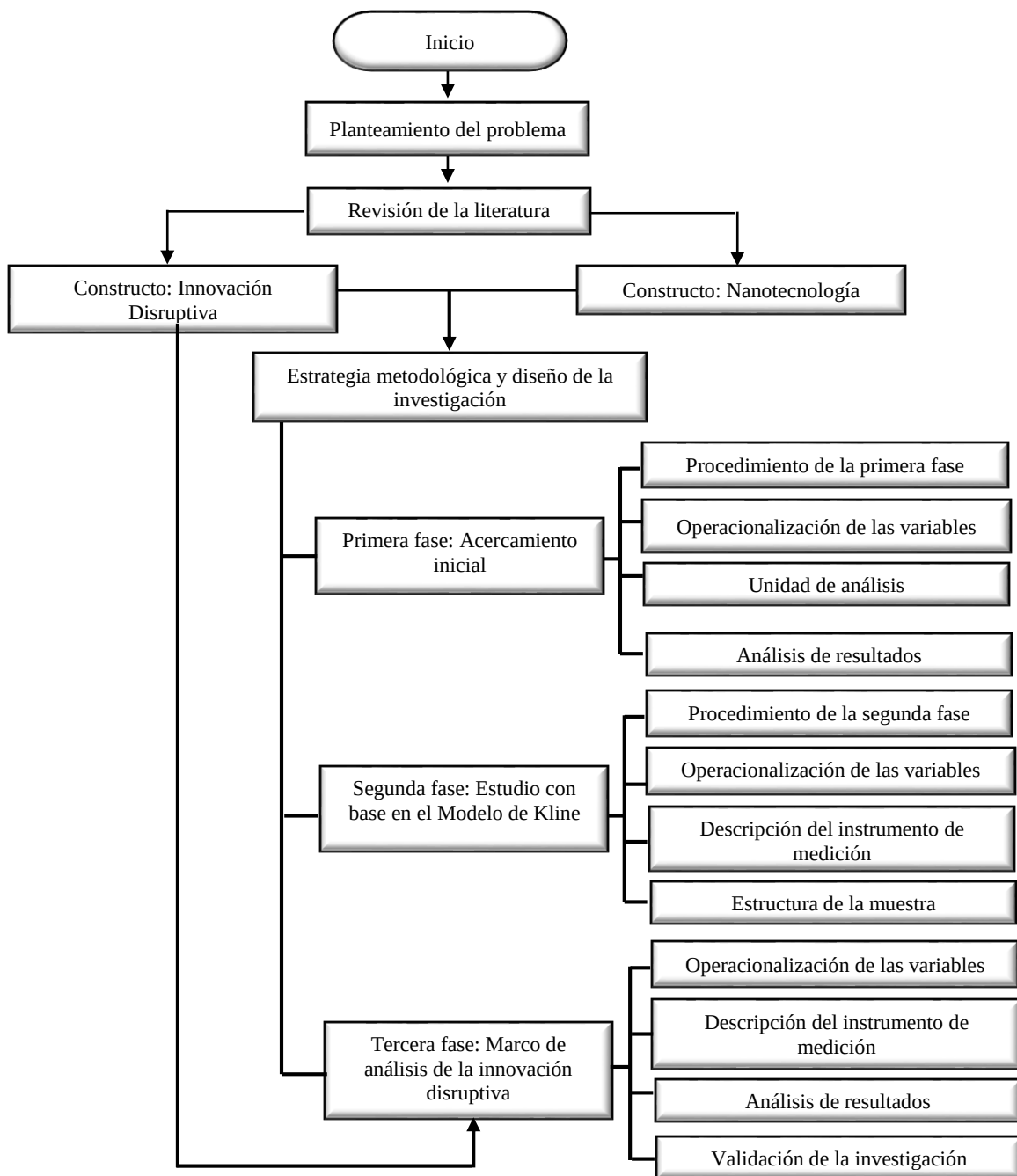
Estos inventarios se realizan a partir de los productos que se encuentran en el mercado, excluyendo a las empresas que desarrollan I+D en nanotecnología pero que no producen; como ejemplo aquellas empresas que han desarrollado patentes, pero no fue posible identificar ningún producto en el mercado; existen otros casos como el de las empresas que tienen financiamientos de proyectos de nanotecnología, pero tampoco fue posible identificar su producto en el mercado (Záyago – Lau, et al. 2015).

La literatura consultada muestra los avances que se tienen en la investigación de la nanotecnología en México, identificándose las estrategias realizadas por los diferentes organismos, sin embargo, aún existe mucho camino por recorrer, debido a que este rubro sigue siendo un área de oportunidad para los centros de investigación en nuestro país. Asimismo, se observó que la mayor parte de los estudios relacionados con el tema se encuentran enfocados a generar inventarios de las empresas que elaboran productos con nanotecnología sin destacar la importancia de los proyectos que se desarrollan en esta área.

## CAPÍTULO 4 ESTRATEGIA METODOLÓGICA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### Contenido:

Figura 23  
*Etapas de la Investigación*



Fuente: elaboración propia a partir de Hernández, et al., (2014).

## **4.1 Introducción**

En el presente capítulo se hace una descripción de forma detallada del enfoque metodológico utilizado en el análisis empírico de esta investigación; el objetivo es documentar las distintas etapas de la investigación que se llevaron a cabo, con la finalidad de dar respuesta a la pregunta de investigación y alcanzar los objetivos establecidos en la matriz de congruencia interna.

En la estructura del capítulo se identifican tres apartados, partiendo de la presente introducción en la que se establece el trabajo de investigación que se llevó a cabo y se presenta paso a paso las etapas del trabajo realizado, así como la explicación y la importancia de dos grandes constructos; Innovación disruptiva y Nanotecnología, los cuales fueron ampliamente abordados en los capítulos dos y tres de esta tesis doctoral.

En el apartado 4.2 se hace una definición de la estrategia metodológica utilizada, es decir, se describen las fases o etapas implementadas durante el proceso de investigación. En la fase inicial se establece un primer acercamiento con las unidades de análisis. Obteniéndose información necesaria para conformar el instrumento de medición. De igual forma se realiza la operacionalización de las variables aplicable a los centros de investigación de nanotecnología en México permitiendo convertir los indicadores en elementos observables y medibles.

En la segunda fase, se realiza la descripción del Modelo de Kline, con el propósito de identificar las etapas que se realizan en los procesos de innovación y relacionarlos con los procesos que realizan los centros de investigación en la elaboración de productos con nanotecnología. También se lleva a cabo la operacionalización de las variables que conforman el instrumento para la recolección de la información. Así como la estructura de la muestra y el análisis de resultados.

En la tercera fase, se propone un marco de análisis el cual surge de la investigación teórica realizada y que se explica ampliamente en el capítulo número dos de este trabajo de

investigación. Asimismo, se establece la operacionalización de las variables del instrumento de medición y el análisis de resultados.

Finalmente, en el apartado 4.3 se aborda el diseño de la investigación estableciéndose el marco metodológico seleccionado, así como las características particulares del estudio y en el último punto se describe cómo se llevó a cabo la validación de la investigación.

## **4.2 Estrategia Metodológica**

Este apartado se construyó siguiendo una línea que permita responder a la problemática planteada en este trabajo de investigación, permitiendo realizar un análisis minucioso de los aspectos teóricos y conceptuales relacionados con el abordaje de la tesis doctoral. Para ello se obtuvo el estado del arte de los constructos referente a la innovación disruptiva y la dinámica de innovación que realizan los centros de investigación de nanotecnología en México.

Los constructos se encuentran vinculados entre sí, de tal forma que los productos elaborados con nanotecnología deben poseer las características descritas en el marco de análisis respondiendo a la pregunta respecto a que si un producto elaborado con nanotecnología es disruptivo o no y su proceso de innovación encaja con el modelo analizado de cada una de las fases o etapas que se proponen en el Modelo de Kline.

Por lo tanto, en este presente trabajo doctoral se desarrollan tres fases en la investigación, en la primera fase es un acercamiento inicial a los centros de investigación de nanotecnología con la finalidad de diseñar una base de datos; en la segunda fase se hace un análisis del Modelo de Kline en donde surge la primera parte del instrumento de recolección de información a fin de identificar todos los procesos que realizan en los centros de investigación de nanotecnología en México; finalmente en la tercera fase se identificaron las características de la innovación disruptiva a través de un marco de análisis a fin de determinar si un producto elaborado con nanotecnología es disruptivo o no.

Respecto a la metodología utilizada tiene un enfoque cualitativo, es decir se utilizaron técnicas con el propósito de establecer la relación que existe entre las variables independientes (innovación disruptiva) y las variables dependientes (nanotecnología). Lo anterior considerando lo que Formell (1982) denomina relaciones epistémicas, refiriéndose al vínculo que existe entre la teoría y los datos para generar conocimiento.

Es importante destacar que en la investigación cualitativa de acuerdo con Pérez (2001) se incluye lo que los participantes relatan, explican; sus creencias, experiencias, actitudes y pensamientos, tal cual, y como son expresadas por ellos mismos, por lo que se hace una descripción detalla de las situaciones que puedan presentarse, eventos, personas y comportamientos que es posible observar.

El diseño de la investigación cualitativa se basa en un paradigma natural y el enfoque del estudio es inductivo, teniendo una realidad subjetiva y no objetiva, en este tipo de investigación existen diversas realidades en lugar de una sola (Sousa, Driessnack y Mendes, 2007); además de que se encuentra inmerso el análisis de las palabras.

#### **4.3 Diseño Metodológico**

Este trabajo se deriva de un marco de análisis pertinente al problema analizado de acuerdo a una serie de postulados que expresan las relaciones entre las variables seleccionadas, este marco de análisis se desarrolla en la concepción de la innovación disruptiva y en la dinámica de la innovación de los centros de investigación de nanotecnología, constructos que son analizados para determinar su impacto disruptivo.

Debido a lo anterior y con la finalidad de responder a la pregunta de investigación se emplearán técnicas cualitativas tales como la entrevista semiestructurada para la realización de un estudio exploratorio, dado a que existe poca información en relación con los temas de innovación disruptiva y nanotecnología.

Es del tipo no experimental dado que no hubo una manipulación de variables puesto que los hechos ya ocurrieron y se limitó a la observación de la situación existente y en virtud de la

incapacidad de influir sobre las variables y sus posibles efectos; es de corte transversal debido a que la recolección de datos se llevó a cabo en un solo momento; también se realizó una descripción de lo observado por lo tanto se clasificó como una investigación descriptiva debido a que lo observado permitió evaluar ciertas características de la situación como lo expresa Hammersley (1992).

#### **4.3.1 Primera fase: Acercamiento Inicial**

El objetivo de esta primera fase es identificar las unidades de análisis que son el objeto de estudio de este trabajo de investigación para diseñar una base de datos de los centros de investigación de nanotecnología en México, con el propósito de establecer un primer acercamiento con ellos.

Los centros de investigación de nanotecnología en México son los actores principales en la producción de conocimiento en el campo de las nanotecnologías, por lo tanto, se va analizar en ellos la dinámica de la innovación que realizan en cuanto a la elaboración de productos con nanotecnología y a través de ellos también determinar su disrupción en el mercado.

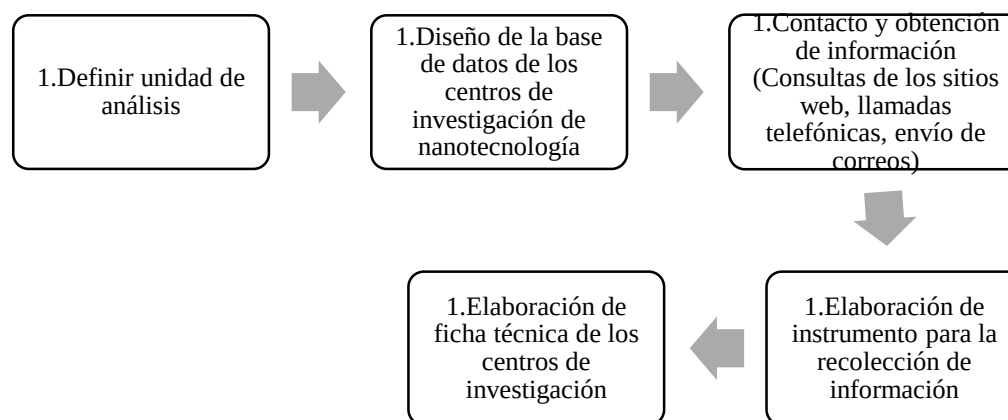
##### **4.3.1.1 Procedimiento de la Primera fase**

Una vez que se han definido las unidades de análisis se procedió al diseño de la base de datos de los centros de investigación de nanotecnología en México, la identificación de estos centros se logró a través del portal del CONACyT, de la Secretaría de Economía respecto a los diagnósticos realizados en el tema de nanotecnología del año 2008, así como del Fideicomiso del Gobierno de México denominado ProMéxico 2018, de igual forma, para complementar la información se llevaron a cabo consultas a sus respectivas páginas web.

La información obtenida posibilitó el diseño de una base de datos de los centros de investigación de nanotecnología en México; en esta primera etapa se logró contactar a los responsables de los centros de investigación de nanotecnología y con la información consultada de las diferentes páginas, y del análisis de la teoría se construyó el instrumento

para la recolección de la información que fue enviado vía correo electrónico; finalmente para complementar la información obtenida se realizaron llamadas telefónicas (ver figura 24).

Figura 24  
*Procedimiento Realizado en la Primera Fase*



Fuente: elaboración propia (2020).

A continuación, se presenta la ficha técnica de los centros de investigación de nanotecnología en México (ver tabla 17). Para la recolección de la información se realizó un censo a los 67 centros de investigación de nanotecnología identificados.

Tabla 17  
*Ficha Técnica de los Centros de Nanotecnología en México*

| Características                         | Descripción                                                              |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Universo                                | 67 centros de investigación                                              |
| Unidad muestral                         | Investigación en nanotecnología                                          |
| Ámbito geográfico                       | Nacional                                                                 |
| Ubicación geográfica                    | Se identificaron en 20 estados de la república                           |
| Método de recolección de la información | Correo electrónico para el envío de cuestionarios y llamadas telefónicas |
| Tipo de muestreo                        | Censo                                                                    |

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida de CONACyT, (2019), Diagnósticos realizados por la Secretaría de Economía (2008) y ProMéxico (2018).

#### **4.3.1.2 Operacionalización de las variables**

Una variable es una palabra que representa a aquello que varía o que se encuentra sujeto a algún cambio como lo establece Herrera (2016). Se trata de algo que se caracteriza por ser inestable. Igualmente, Hernández et al., (2014) consideran que una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse adquiriendo valor para la investigación científica cuando se relacionan con otras variables, es decir si forman parte de una teoría en este caso se les suele denominar constructos o construcciones hipotéticas.

Una variable es operacionalizada con el propósito de convertir un concepto abstracto en un concepto empírico, susceptible de ser medido a través de la aplicación de un instrumento (Chacón, 2017). Es establecer un puente entre los conceptos, las observaciones y las actitudes reales. Autores como Medina (2014) establecen que es el proceso mediante el cual se transforma una variable teórica compleja en variables empíricas observables y que pueden ser medidas.

Solís (2013) establece que el paso de una variable teórica a indicadores empíricos verificables y medibles e ítems o equivalentes se le denomina operacionalización y se encuentra asociada a la validez del constructo. Es decir, una correcta operacionalización previene tanto la inclusión de medidas que no aportan información sustantiva al objeto de estudio, como el olvido de elementos importantes, contribuyendo así a la validez del constructo. Garantizando la coherencia entre las variables involucradas y las porciones de la realidad sujetas a ser medidas.

A este respecto, Carballo (2014) señala que el proceso de operacionalización de variables en la investigación es importante debido a que es necesario modelar a partir de la teoría y en dependencia de la naturaleza del objeto de estudio.

#### 4.3.1.2.1 Operacionalización de las Variables del Instrumento Aplicado a los Centros de Investigación de Nanotecnología en México

El cuestionario se aplicó a los centros de investigación y se encuentra conformado por seis dimensiones; a continuación, se presenta como fueron operacionalizadas cada una de las dimensiones que conforman el instrumento de medición.

##### 1. Dimensión Datos Generales

La primera dimensión se refiere a los **datos generales** del centro de investigación de nanotecnología (ver tabla 18) necesaria, información necesaria para proporcionar una visión general de las unidades de análisis; es una variable de control<sup>24</sup> que servirá para identificar la ubicación geográfica de estos centros, así como el número de personal que conforman las unidades de análisis.

Tabla 18  
*Elementos que conforman la Dimensión Datos Generales*

| Dimensión       | Definición                                                                                                         | Variables                                                                                                                                                                                   | Categoría          |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Datos generales | Información demográfica de las unidades de análisis necesaria para proporcionar una visión general de las empresas | Nombre del centro de investigación de nanotecnología<br>Siglas<br>Estado<br>Dirección<br>Contacto<br>Número de personal con el que funciona el centro de investigación<br>Fecha de creación | Preguntas abiertas |

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida del portal de CONACyT (2019).

##### 2. Dimensión Financiamiento

Bravo (2012) propone que el financiamiento es la obtención de dinero para la generación de innovación y se libera a las instituciones públicas de proveer recursos a este fin, con base a

<sup>24</sup> Es aquella que el investigador controla con el fin de eliminar o neutralizar sus efectos en la variable dependiente (Buendía, et al., 2001).

lo anterior en esta segunda dimensión se hace referencia al tipo de **financiamiento** con el que cuentan los centros de investigación de nanotecnología (ver tabla 19) consta de un ítem el cual permitirá identificar los tipos de recursos a los que pueden acceder los centros de investigación de nanotecnología.

Tabla 19  
*Elementos que conforman la Dimensión Financiamiento*

| Dimensión      | Definición                                                                                                                         | Variables       | Categoría                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Financiamiento | Es la obtención de dinero para la generación de innovación y se libera a las instituciones públicas de proveer recursos a este fin | Tipo de recurso | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso propio</li> <li>• Recurso estatal</li> <li>• Recurso federal</li> <li>• Recurso federal y estatal</li> <li>• Recurso federal y propio</li> <li>• Recurso estatal y propio</li> <li>• Recurso federal, estatal y propio</li> </ul> |

Fuente: elaboración propia a partir de Bravo (2012).

### 3. Dimensión Investigación

Para la tercera dimensión, correspondiente a la **investigación** se encuentra integrada por 6 ítems (ver tabla 20), los cuales pretenden mostrar; las investigaciones realizadas, hacia donde se encuentran enfocadas, el número de publicaciones realizadas en los últimos cinco años y el número de proyectos de investigación.

Tabla 20  
*Elementos que conforman la Dimensión Investigación*

| Dimensión     | Definición                                                         | Variables                                    | Categoría          |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|
| Investigación | Es la herramienta básica utilizada en la creación del conocimiento | Líneas de investigación                      | Preguntas abiertas |
|               |                                                                    | Enfoque líneas de investigación              |                    |
|               |                                                                    | Publicaciones últimos 5 años                 |                    |
|               |                                                                    | Proyectos de investigación                   |                    |
|               |                                                                    | Proyectos de investigación de nanotecnología |                    |
|               |                                                                    | Enfoque proyectos de investigación           |                    |

Fuente: elaboración propia a partir de Kline y Rosenberg (1986), Fernández y Vázquez (1996) y Esidet 2017.

#### 4. Dimensión Capital Humano

Para la cuarta dimensión referente al **capital humano** se construyeron 7 ítems (ver tabla 21), con el propósito de obtener información del personal solicitándose; el nivel de estudios, la edad, antigüedad, cuantas veces reciben capacitación y si operan como grupos de investigación en los centros de investigación de nanotecnología.

Tabla 21  
*Elementos que conforman la Dimensión Capital humano*

| Dimensión      | Definición                                                                                                                                                                                             | Variables                                 | Categoría                                                                                                                         |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Capital humano | Elemento fundamental que da uso a los demás recursos, por lo tanto, el personal de la organización debe desarrollar habilidades y competencias que le permitirán una ventaja competitiva de la empresa | Nivel de estudios                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Licenciatura</li> <li>• Maestría</li> <li>• Doctorado</li> <li>• Posdoctorado</li> </ul> |
|                |                                                                                                                                                                                                        | Capacitación                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sí</li> <li>• No</li> </ul>                                                              |
|                |                                                                                                                                                                                                        | Cuantas veces al año reciben capacitación | Pregunta abierta                                                                                                                  |
|                |                                                                                                                                                                                                        | Promedio de edad del personal             | Pregunta abierta                                                                                                                  |
|                |                                                                                                                                                                                                        | Promedio de antigüedad                    | Pregunta abierta                                                                                                                  |
|                |                                                                                                                                                                                                        | Operan como grupos de investigación       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si</li> <li>• No</li> </ul>                                                              |

Fuente: elaboración propia a partir de Montoya y Boyero (2016) y Esidet (2017).

#### 5. Dimensión Servicios

En lo concerniente a la quinta dimensión referente a los **servicios**, se integraron 5 ítems (ver tabla 22) con la finalidad de identificar el tipo de servicios que ofrecen, el desarrollo de los productos con nanotecnología, si se encuentran en el mercado y el sector al que están orientados; además de los beneficios a la sociedad por el trabajo que vienen desempeñando.

Tabla 22  
*Elementos que conforman la Dimensión Servicios*

| Dimensión | Definición                                                     | Variables                                  | Categoría                                                            |
|-----------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|           |                                                                | Servicios que ofrecen                      | Pregunta abierta                                                     |
|           | Conjunto de actividades económicas sumamente heterogéneas. Las | Desarrollo de productos con nanotecnología | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sí</li> <li>• No</li> </ul> |
|           |                                                                |                                            |                                                                      |

|           |                                                                                                                        |                              |                                                                      |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Servicios | actividades de los servicios que pertenecen al sector terciario se definen como las actividades que no producen bienes | Se encuentran en el mercado  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sí</li> <li>• No</li> </ul> |
|           |                                                                                                                        | Sector al que está orientado | Pregunta abierta                                                     |
|           |                                                                                                                        | Beneficios a la sociedad     | Pregunta abierta                                                     |

Fuente: elaboración propia a partir de González y Domínguez (1989).

## 6. Dimensión Colaboraciones Científicas

La dimensión denominada **colaboraciones científicas** se integra por 2 ítems (ver tabla 23) que permitirá conocer el número de colaboraciones externas que mantienen a nivel nacional e internacional como un indicador de habilidad del trabajo científico desarrollado.

Tabla 23

*Elementos que conforman la Dimensión Colaboraciones Científicas*

| Dimensión                  | Definición                                                                                                                                                                                       | Variables                           | Categoría                                                                                 |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Colaboraciones científicas | Es el comportamiento entre dos o más científicos que facilita el significado compartido para la realización de tareas científicas con respecto a metas comunes en contextos sociales específicos | Número de colaboraciones            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nacionales</li> <li>• Internacionales</li> </ul> |
|                            |                                                                                                                                                                                                  | En qué consisten sus colaboraciones | Pregunta abierta                                                                          |

Fuente: elaboración propia a partir de Kleiche y Chiapa (2014).

### 4.3.1.2.2 Instrumento para la Recolección de la Información

Los instrumentos de investigación son modelos que selecciona el investigador para relacionarse con los sujetos de estudio permitiendo la recolección de los datos, debido a esto, es necesario que en todo tipo de investigación se determine el método de recolección de datos y tipo de técnica que se utilizará, siendo que éstas son las herramientas que van a permitir documentar la información recabada de la realidad.

Herrera (1998) asegura que un instrumento de medición es una técnica en la que se puede realizar una asignación numérica que considere las manifestaciones de un constructo medible de manera indirecta.

En esta primera fase se utilizó un cuestionario conformado por una serie de preguntas diseñadas con la finalidad de generar los datos necesarios para el diseño de la base de datos de los centros de investigación de nanotecnología y fue aplicado a los responsables de los mismos.

#### **4.3.1.2.2.1 Descripción del Instrumento de Medición**

Para la recopilación de los datos se diseñó un cuestionario compuesto por 21 ítems y conformado por seis dimensiones: datos generales, financiamiento, investigación, capital humano, servicios y colaboraciones científicas (ver anexo 1).

La primera dimensión tiene que ver con los datos generales de los centros de investigación, entre los más importantes es el nombre, estado, dirección, contacto; el propósito de esta información es determinar la veracidad de la información de las unidades de análisis.

La segunda dimensión se refiere al tipo de financiamiento existente en las unidades de análisis, siendo esta información de mucha relevancia debido a que hace referencia del origen de la liberación de recursos para su funcionamiento.

La tercera dimensión corresponde a la investigación. Esta dimensión se conformó por seis preguntas abiertas para detectar la base creación del conocimiento, las preguntas están diseñadas para obtener información acerca de las líneas de investigación y su enfoque, de sus publicaciones, de sus proyectos de investigación y su enfoque.

La cuarta dimensión tiene que ver con el capital humano conformada por seis ítems, el primer ítem es de respuesta de opción múltiple permitiendo elegir las respuestas dentro de una serie de ellas. Lo anterior con la finalidad de identificar el nivel de estudios del personal que labora en el centro de investigación, dos ítems más tienen opción de respuesta dicotómica para

determinar si el personal recibe capacitación y si operan como grupos de investigación, los tres ítems restantes son preguntas abiertas.

La quinta dimensión se refiere a los servicios que se ofrecen en las unidades de análisis, la dimensión se conformó por cinco ítems; tres de preguntas abiertas y dos con respuestas dicotómicas.

La sexta dimensión corresponde a las colaboraciones científicas, conformada por dos ítems; en esta dimensión se requiere identificar el comportamiento entre dos o más científicos que facilitan el significado compartido para la realización de las tareas de investigación propias del centro de investigación.

#### **4.3.1.3 Unidad de Análisis**

Las unidades de análisis son los elementos sobre los que se focaliza el estudio, para la presente investigación doctoral van a ser estudiados los centros de investigación de nanotecnología en México, siendo los principales actores en la generación de conocimiento en esta área.

La búsqueda de los centros de investigación de nanotecnología en las fuentes de información mencionadas anteriormente posibilitó la obtención de un total de 67 unidades de análisis, para la recolección de la información se realizó un censo a la totalidad de los centros de investigación de nanotecnología identificados.

#### **4.3.1.4 Análisis de Resultados**

Los datos obtenidos serán analizados a distintos niveles que aportarán información complementaria sobre los procesos de nanotecnología que llevan a cabo los centros de investigación.

Se realizará estadística descriptiva utilizando el software estadístico SPSS ver.19, analizando los porcentajes obtenidos de todas las variables, de igual forma se realizará el cálculo de las

medidas de tendencia central, correlaciones entre diversas variables, construyéndose también tablas de contingencia.

Con la información resultante se tendrá la posibilidad de responder a la pregunta de investigación planteada en la matriz de congruencia interna respecto a ¿Cuál es el impacto disruptivo de la nanotecnología en México.

Finalmente se redactarán los hallazgos que serán elaborados de acuerdo a la información obtenida a través de la literatura y los análisis estadísticos mencionados.

#### **4.3.2 Segunda Fase: Estudio con Base en el Modelo de Kline**

Para el desarrollo de la segunda fase, se inició a partir de la información obtenida de la teoría ampliamente abordada en el marco teórico; realizándose un comparativo entre los diferentes modelos de innovación, con la finalidad de determinar el que más se identifica con los procesos que realizan los centros de investigación de nanotecnología.

El **Modelo de Kline**; fue el seleccionado debido a que es la base para entender el proceso de innovación más usado para la gestión de la I+D+i como lo establece Mir (2005). Así mismo, es un modelo que efectúa una serie de etapas para el cumplimiento del proceso de innovación y permite establecer la relación existente entre la ciencia y la tecnología en todas sus fases.

Además, considera la innovación como una manera de encontrar y solucionar problemas, siendo factor determinante para la innovación moderna, el conocimiento acumulado y la investigación como lo argumenta Kline y Rosenberg (1986).

Para ahondar en el análisis del Modelo planteado de Kline es necesario explicar sus trayectorias; la primera de ellas establece el camino central de la innovación, la cual inicia con una idea que se materializa en un invento o diseño analítico, el cual, debe responder a la necesidad del mercado; el camino central de la innovación está conformado por un mercado potencial, por la invención y/o diseño analítico, por un diseño detallado y prueba, por el rediseño y la producción hasta llegar a la distribución y venta; en la segunda trayectoria o

ruta existen diversas retroalimentaciones, entre cada etapa del camino central y la etapa anterior y las que surgen desde el producto final hasta el mercado potencial.

Para la tercera trayectoria se da un enlace entre la investigación a través del uso de los conocimientos existentes, es necesario aclarar que en todas las etapas del camino central se utilizan los conocimientos existentes, pero cuando no se ha encontrado la información que se necesita debe investigarse para encontrar una solución. En la cuarta trayectoria surge una conexión entre la investigación y la innovación, en el cual los descubrimientos de la investigación pueden dar lugar a inventos, los cuales se convertirán en innovaciones radicales o incrementales (Kline y Rosenberg, 1986). Finalmente, en el trayecto cinco surge la conexión entre directa entre los productos y la investigación.

#### **4.3.2.1 Procedimiento de la Segunda fase**

El objetivo de esta segunda etapa fue diseñar una entrevista semiestructurada para ser aplicada a los centros de investigación de nanotecnología en México y así conocer cada una de las etapas y los procesos que realizan para la elaboración de los productos con nanotecnología (ver figura 25).

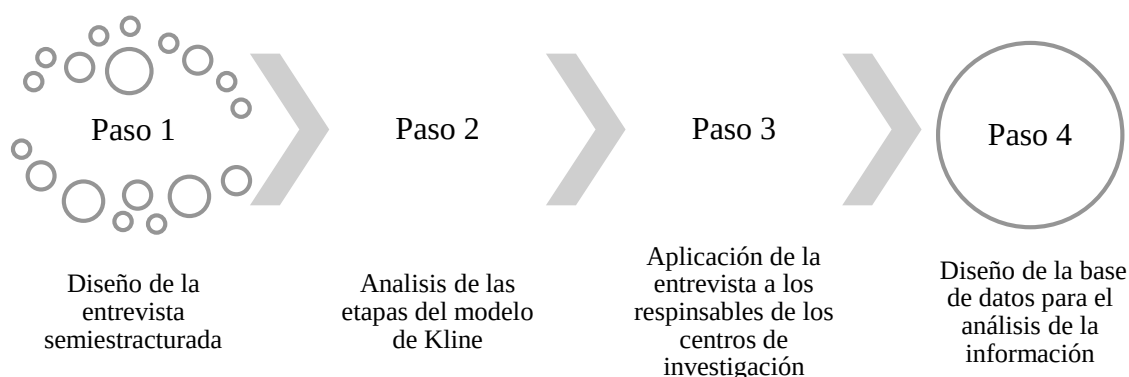
A partir del modelo propuesto se diseñó la entrevista semiestructurada que se aplicó a los centros de investigación de nanotecnología, para conocer la dinámica que realizan durante la elaboración y desarrollo de sus productos e investigaciones y así tener un panorama general del impacto de este tipo de productos. La entrevista se complementó con preguntas abiertas para identificar; la estructura organizacional, el tipo de investigación que realizan, si desarrollan prototipos de sus productos, si existe retroalimentación y como la llevan a cabo, así como las principales innovaciones que realizan con nanotecnología.

La entrevista considero también las dimensiones establecidas en el marco de análisis de la innovación disruptiva denominadas como; Producto, Mercado, Tecnología y Activos intelectuales. Dimensiones que fueron definidas, operacionalizadas y categorizadas con el propósito de convertir los indicadores en ítems o elementos observables y así realizar la

medición de las variables para responder a la pregunta de investigación a los objetivos establecidos en la matriz de congruencia interna.

Es importante mencionar que se entrevisto al Dr. Jesús García Serrano experto en nanotecnología y profesor investigador de tiempo completo en el Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, responsable de un laboratorio de nanotecnología en el área académica de Ciencias de los Materiales, con el propósito de validar el instrumento de recolección de información, así mismo se contacto a otro experto en nanotecnología de la empresa Gresmex, el cual solicito confidencialidad de su identidad, ambos expertos compartieron vivencias y conocimientos acerca del tema teniendo como guía una entrevista semiestructurada.

Figura 25  
*Procedimiento Realizado en la Segunda Fase*



Fuente: elaboración propia (2020).

#### **4.3.2.2 Operacionalización de las Variables Dependientes del Constructo de Nanotecnología Respecto al Modelo de Kline**

##### **1. Dimensión Estructura Organizacional**

Esta dimensión se conforma por dos ítems (ver tabla 24) con la finalidad de identificar el tipo de agrupamiento de los centros de investigación de nanotecnología, así como conocer la

nomenclatura que utilizan en la definición del área o departamento en el que efectúan las actividades de investigación y desarrollo.

Tabla 24

*Elementos que conforman la Dimensión Estructura Organizacional*

| Dimensión                 | Definición                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Variable     | Categoría                                                                                                                               |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estructura organizacional | Se designan relaciones formales de subordinación, como el número de niveles en la jerarquía; identifica el agrupamiento de individuos en departamentos y el de departamentos en la organización total; garantizando la comunicación, la coordinación y la integración efectivas de los esfuerzos entre departamentos | Estructura   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Departamental</li> <li>• Funcional</li> <li>• Por área</li> <li>• Grupos de trabajo</li> </ul> |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Nomenclatura | Departamento de I+D                                                                                                                     |

Fuente: elaboración propia a partir de Kline y Rosenberg (1986) y Daft (2010).

## 2. Dimensión Mercado Potencial

El mercado potencial es un espacio geográfico de consumidores que procede directamente de las necesidades que perciben los usuarios para la mejora y el rendimiento de productos y servicios, como lo enfatizan con Kline y Rosenberg (1986) y Fernández y Vázquez (1996).

Para la dimensión **mercado potencial** se establecieron tres ítems (ver tabla 25) con el propósito de determinar en los centros de investigación de nanotecnología de donde surge la necesidad de innovar, así como analizar su desarrollo y los beneficios que aportan a la sociedad.

Tabla 25

*Elementos que conforman la Dimensión Mercado Potencial*

| Dimensión | Definición | Variable | Categoría |
|-----------|------------|----------|-----------|
|-----------|------------|----------|-----------|

|                   |                                                                                                                                                 |                      |                                                                                                                           |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mercado potencial | El mercado constituye la inspiración básica de la innovación; espacio geográfico de consumidores que procede de una necesidad inicial percibida | Necesidad de innovar | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A partir de una idea</li> <li>• A partir de una necesidad del mercado</li> </ul> |
|                   |                                                                                                                                                 | Innovación dirigida  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pregunta abierta</li> </ul>                                                      |
|                   |                                                                                                                                                 | Beneficios           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pregunta abierta</li> </ul>                                                      |

Fuente: elaboración propia, 2020 a partir de Kline y Rosenberg (1986) y Fernández y Vázquez (1996).

### 3. Dimensión Invención y/o Diseño Analítico

La naturaleza de los diseños que se inician en las innovaciones son la invención y el diseño analítico, consisten en hacer arreglos a los componentes existentes y se considera el iniciador de la cadena central de innovación de acuerdo con el modelo de Kline; igualmente, Fernández y Vázquez (1996) señalan que la importancia de esta etapa reside en la combinación de las tecnologías y su adecuación al mercado.

En la dimensión **invención y/o diseño analítico** se desarrollaron dos ítems (ver tabla 26) para saber cómo realizan el desarrollo de los productos y cómo se lleva a cabo el proceso de nanotecnología en los centros de investigación y/o laboratorios.

Tabla 26

*Elementos que conforman la Dimensión Invención y/o Diseño Analítico*

| Dimensión                    | Definición                                                                        | Variable                | Categoría                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Invento y/o diseño analítico | Consiste en combinar componentes ya conocidos o modificar diseños existentes para | Desarrollo de productos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A través de la combinación de ideas</li> <li>• A través de la necesidad del mercado</li> <li>• A partir de una combinación de conocimientos pre-existentes que satisfacen algún deseo</li> <li>• A partir de una combinación de tecnologías</li> <li>• Por una necesidad de transferencia tecnológica</li> <li>• Por medio de la identificación de una necesidad nacional</li> </ul> |

|                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| hacerlos más efectivos y/o eficientes | • Generación de ideas |
| Proceso de nanotecnología             | Pregunta abierta      |

Fuente: elaboración propia, 2020 a partir de Kline y Rosenberg (1986) y Fernández y Vázquez (1996).

#### 4. Dimensión Diseño Detallado y/o Prueba

La dimensión **diseño detallado y/o prueba** responde a un prototipo o modelo básico que posee las características esenciales de lo que se quiere producir; básicamente es lograr que el invento sea viable en el mercado, además de que es posible generar tanto ciencia como investigación de sistemas de acuerdo con lo que establece Kline y Rosenberg (1986) y Fernández y Vázquez (1996).

Para esta dimensión se consideran dos ítems (ver tabla 27) con la finalidad de identificar el propósito de elaborar un prototipo y conocer las principales innovaciones que se desarrollan en los centros de investigación de nanotecnología.

Tabla 27  
*Elementos que conforman la Dimensión Detallado y/o Prueba*

| Dimensión                 | Definición                                                                                                                                                                                                                         | Variable                 | Categoría                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diseño detallado y prueba | Responde a un prototipo, que es un modelo básico que posee las características esenciales de lo que se quiere producir; este es probado en la etapa de desarrollo tecnológico hasta lograr que el invento sea viable en el mercado | Propósito del prototipo  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contar con un modelo básico que tenga las características esenciales de lo que se intenta producir</li> <li>• Para perfeccionar las características técnicas del producto y/o servicio</li> <li>• Para que el prototipo sea viable en el mercado</li> <li>• Probar el diseño para ver que cumple con ciertos requisitos fundamentales</li> <li>• Para evaluar en donde son necesarias las mejoras</li> </ul> |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                    | Principales innovaciones | Pregunta abierta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Fuente: elaboración propia, 2020 a partir de Kline y Rosenberg (1986) y Fernández y Vázquez (1996).

## 5. Dimensión Rediseño y Producción

De acuerdo con Kline y Rosenberg (1986) y Fernández y Vázquez (1996) en el rediseño y producción se genera investigación en los procesos, provocando cambios competitivos debido a que se obtienen mejoras en la calidad de los productos. Por ello en esta dimensión se construyeron tres ítems (ver tabla 28) con el propósito de identificar la finalidad del rediseño efectuado, si existe retroalimentación y cómo se desarrolla.

Lo anterior debido a que se generan diferentes tipos de retroalimentaciones en las distintas etapas del modelo, desde el producto final a cualquiera de las etapas anteriores pudiendo presentar deficiencias que deben de ser corregidas desde el producto final al mercado potencial siendo posible que un nuevo producto consiga dar lugar a nuevas condiciones en el mercado (Kline y Rosenberg, 1986).

Tabla 28

*Elementos que conforman la Dimensión Rediseño y Producción*

| Dimensión             | Definición                                                             | Variable                     | Categoría                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rediseño y producción | Se mejoran las características funcionales de los productos y procesos | Finalidad del rediseño       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para aprovechar al máximo lo ya existente</li> <li>• Para sustituir o añadir elementos que lo hagan más rentable</li> <li>• Para mejorar las características funcionales</li> <li>• Para conseguir una mayor penetración en el mercado</li> <li>• Para realizar mejoras en productos que ya se encuentran en el mercado</li> <li>• En ciertos casos para mejorar la exactitud de las mediciones</li> </ul>                         |
|                       |                                                                        | Existe retroalimentación     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sí, en cada etapa del proceso</li> <li>• Cuando se detectan deficiencias en el producto</li> <li>• No se realiza retroalimentación</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                       |                                                                        | Proceso de retroalimentación | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recurre a los conocimientos existentes</li> <li>• Se realiza un proceso de investigación para generar nuevos conocimientos</li> <li>• La información se traslada al producto y/o servicio</li> <li>• En cada etapa se reúne información de las partes involucradas</li> <li>• Por medio de talleres, comentarios de clientes, comunicaciones con usuarios</li> <li>• A través de modelos/herramientas según la etapa</li> </ul> |

Fuente: elaboración propia, 2020 a partir de Kline y Rosenberg (1986) y Fernández y Vázquez (1996).

## 6. Dimensión Distribución y Venta

Al final de la cadena central de innovación del modelo de Kline se sitúa la **distribución y venta**; a través de la cual se identifica el canal de distribución para llevar el producto al consumidor final (Kline y Rosenberg, 1986 y Fernández y Vázquez, 1996). En esta sexta dimensión se manejan dos ítems (ver tabla 29) primeramente para conocer en qué momento llega el producto al usuario final considerando sus contribuciones para la mejora y si la introducción de un nuevo producto al mercado se genera a partir de las primeras etapas del desarrollo. Lo anterior originó el segundo ítem respecto a los servicios que se ofrecen en los centros de investigación de nanotecnología.

Tabla 29  
*Elementos que conforman la Dimensión Distribución y Venta*

| Dimensión            | Definición                                                                                                       | Variable                   | Categoría                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Distribución y venta | Llegar al mercado meta y a través del canal de distribución, seguir al producto hasta llegar al consumidor final | Usuario final del producto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las contribuciones del usuario surgen en las primeras etapas del desarrollo del mercado</li> <li>• Durante la introducción de un nuevo producto al mercado las mejoras pueden ser tan importantes como las nuevas ideas</li> <li>• Las contribuciones del usuario se consideran en las primeras etapas del desarrollo y se considerarán una vez que el producto y/o servicio se introduzca en el mercado.</li> </ul> |
|                      |                                                                                                                  | Servicios que ofrecen      | Pregunta abierta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

Fuente: elaboración propia, 2020 a partir de Kline y Rosenberg (1986) y Fernández y Vázquez (1996).

## 7. Dimensión Conocimiento

En todas las fases de la cadena central de innovación de Kline se hace uso de los conocimientos existentes siendo un proceso de constante retroalimentación; sin embargo, cuando no se adquiere la información necesaria, se debe investigar para encontrar la solución.

Por lo tanto, en esta séptima dimensión se construyó un ítem (ver tabla 30) para identificar cómo se establece la conexión entre los conocimientos ya existentes y la investigación.

Es importante destacar que, en la conexión entre estas dos áreas, la investigación no suele ser la fuente directa de las innovaciones, por lo que la organización debe tener presente los siguientes aspectos; lo que investiga, lo que patenta, lo que publica, las actividades de los competidores y las tecnologías que están emergiendo (Kline y Rosenberg, 1986, y Fernández y Vázquez, 1996).

Tabla 30  
*Elementos que conforman la Dimensión Conocimiento*

| Dimensión    | Definición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Variable                                                      | Categoría                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conocimiento | Constituyen una fuente de ideas para la innovación. Una parte de ese conocimiento es secreto, y así permanece; otra parte llega al dominio público a través de las ferias, revistas profesionales, visitas a las empresas, así como a través del archivo de patentes, entre otras fuentes. Cuando observa que el conocimiento que necesita no está disponible abandona o inicia la investigación. | Conexión entre conocimientos ya existentes y la investigación | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El investigador comunica los progresos relacionados con el conocimiento, que pueden constituir la base de una futura conexión, aunque se requiere previamente la invención</li> <li>• Los centros de investigación buscan posicionarlos en el mercado, estimulando nuevas investigaciones aplicadas</li> <li>• Se analizará primero lo referente a la propiedad intelectual</li> </ul> |

Fuente: elaboración propia, 2020 a partir de Kline y Rosenberg (1986) y Fernández y Vázquez (1996).

## 8. Dimensión Investigación

Siendo la investigación la herramienta básica utilizada en la creación del conocimiento de acuerdo con Kline y Rosenberg (1986); para la dimensión **investigación** se consideraron 5 ítems (ver tabla 31) los cuales permitieron identificar el tipo de investigación que desarrollan los centro de investigación de nanotecnología, conocer el enfoque de sus proyectos de investigación y de acuerdo al modelo de Kline entender la conexión entre la investigación y la invención, generando nuevos descubrimientos científicos que hacen posible innovaciones

radicales y disruptivas como lo enfatizan Kline y Rosenberg (1986) y Fernández y Vázquez (1996) y finalmente la descripción de sus colaboraciones.

Tabla 31  
*Elementos que conforman la Dimensión Investigación*

| Dimensión     | Definición                                                                                                                                                                                                               | Variable                                 | Categoría                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Investigación | Es la herramienta básica utilizada en la creación del conocimiento, pero es el conocimiento acumulado y el sistema construido por ese conocimiento el que proporciona el input primario para la innovación convencional. | Tipo de investigación                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación básica</li> <li>• Investigación aplicada</li> <li>• Ambas</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                          |
|               |                                                                                                                                                                                                                          | Enfoque de proyectos de investigación    | Pregunta abierta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|               |                                                                                                                                                                                                                          | Conexión entre investigación e invención | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunos resultados (instrumentos, máquinas, herramientas y procedimientos tecnológicos) de la innovación son utilizados para apoyar la investigación</li> <li>• A través de la conexión con el mercado potencial</li> <li>• Por medio de modelos como por ejemplo el de centralidad y distinción</li> </ul> |
|               |                                                                                                                                                                                                                          | Tipo de innovación que generan           | Pregunta abierta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|               |                                                                                                                                                                                                                          | Descripción de colaboraciones            | Pregunta abierta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Fuente: elaboración propia, 2020 a partir de Kline y Rosenberg (1986) y Fernández y Vázquez (1996).

## 9. Dimensión Innovación Disruptiva

De acuerdo con Christensen (1997) la innovación disruptiva es aquella innovación que transforma un producto o servicio que sólo era accesible para muy pocas personas con muchos recursos, y la hace accesible a una población mucho mayor que dispone de menos recursos; las características de la innovación disruptiva de diversos autores han permitido generar un cuadro de análisis para determinar si un producto es disruptivo o no lo es.

A continuación, en la dimensión **innovación disruptiva** se consideraron 11 ítems (ver tabla 32) que obedecen a las características de la innovación disruptiva en cuanto al uso, servicio y costo de un nanoproducto; por otro lado, se consideró si un nanoproducto surge en un mercado emergente, así como el nivel del nanoproducto considerando el segmento del mercado al cual se dirige.

En este mismo sentido se tomó en cuenta la satisfacción del cliente respecto a; uso de nanoproductos, nivel de tecnología que se emplea para su elaboración, el costo de tecnología y finalmente los activos intelectuales para este tipo de productos.

Tabla 32

*Elementos que conforman la Dimensión Innovación Disruptiva*

| Dimensión             | Definición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Variable                                   | Categoría                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Innovación disruptiva | Es cuando cambian las reglas del mercado en términos de tecnología, formas de organización y de producción, además de su influencia en los precios y la demanda. La innovación disruptiva crea una nueva propuesta de valor en el mercado y por lo general ofrecen productos o servicios a más bajo costo, además de considerar la entrada de un producto o servicios simples en el extremo inferior del mercado para posteriormente ir avanzando en el mismo de manera gradual e ir desplazando a la competencia establecida, a través de la atracción de un número mayor de clientes que identifican que el nuevo producto o servicio cumple mejor con sus funciones que los de la competencia | Uso del nanoproducto                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simple</li> <li>• Complejo</li> <li>• Ambas, depende del enfoque</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Servicio que ofrece el nanoproducto        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conveniente</li> <li>• No conveniente</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Costo del nanoproducto                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto</li> <li>• Bajo</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Nanoproductos para mercados emergentes     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sí</li> <li>• No</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Nivel del nanoproducto                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel alto (segmento del mercado con clientes exigentes y dispuestos a comprar productos de alta calidad y que pueden ser costosos)</li> <li>• Nivel bajo (segmento del mercado cuyos clientes adquieren productos simples y de bajo costo)</li> <li>• Quieren productos de alta calidad, pero baratos, hay clientes que si tienen recursos para pagar un producto costoso de alta calidad y hay otros que no.</li> </ul> |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Satisfacción del cliente con nanoproductos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sí</li> <li>• No</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Nivel de tecnología para los nanoproductos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto</li> <li>• Medio</li> <li>• Bajo</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

---

|                                        |                                                                          |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Costo de tecnología para nanoproductos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto</li> <li>• Bajo</li> </ul> |
| Nanoproductos patentados               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sí</li> <li>• No</li> </ul>     |
| Nanoproductos con derechos de autor    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sí</li> <li>• No</li> </ul>     |
| Nanoproductos con marcas comerciales   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si</li> <li>• No</li> </ul>     |

---

Fuente: elaboración propia, 2020 a partir de Christensen, 1997; Adner, 2002; Thomond y Lettice, 2002; Govindarajan y Kopalle, 2006; King y Baatartogtokh, 2014 y De Almeida et. al., 2015 y Nagy, Schuessler y Dubinsky 2016.

#### **4.3.2.3 Descripción del Instrumento de Medición**

La entrevista semiestructurada se conformó por 31 ítems, distribuidos en 9 dimensiones: estructura organizacional, mercado potencial, invención y/o diseño analítico, diseño detallado y prueba, rediseño y producción, distribución y venta, conocimiento, investigación e innovación disruptiva; estas dimensiones se estructuraron de acuerdo con las fases o etapas del modelo de Kline a excepción de la dimensión de innovación disruptiva que corresponde al marco de análisis del presente trabajo (ver anexo 2).

El tiempo de duración de las entrevistas tuvo una variación de cuarenta minutos a una hora, lo anterior en función de la disposición del entrevistado para dar información y del tópico a tratar con cada uno de ellos.

Posteriormente se llevó a cabo la transcripción de las entrevistas y sus respectivas anotaciones del contexto de la entrevista.

#### **4.3.2.4 Estructura de la Muestra**

Una muestra es un subconjunto de elementos que pertenecen a una población, pocas veces es posible medir a toda la población, por lo que se obtiene o se selecciona una muestra de acuerdo con Hernández, et al., (2014). Todas las muestras deben ser representativas, al azar o aleatorias; esperando que esta extracción de elementos sea un reflejo idéntico del conjunto de la población.

Para calcular el tamaño de la muestra se empleó la fórmula estadística para poblaciones finitas, considerando un error máximo aceptable del 5% y un intervalo de confianza del 95%, utilizando el principio de muestreo probabilístico aleatorio simple, el cual permitió garantizar que todas las unidades de análisis tuvieran la misma oportunidad de ser incluidos en el estudio, resultado un total de 16 centros de investigación de nanotecnología a entrevistar.

Fórmula de cálculo:

|                     |         |
|---------------------|---------|
| N                   | 67      |
| N                   | 48      |
| s <sup>2</sup>      | 8559.02 |
| Media               | 68.79   |
| Z                   | 1.64    |
| n/N                 | 0.72    |
| s <sup>2</sup> /n   | 178.31  |
| Var Media           | 50.57   |
| EE                  | 7.11    |
| LI                  | 57.10   |
| LS                  | 80.49   |
| Precisión calculada | 11.70   |
| Precisión deseada   | 33      |

**Precisión deseada 33 personas**

z 95% 1.64

no 21.26 Muestra no finita

n **16.14** **Muestra finita**

**n = 16 Centros de investigación y/o laboratorios de nanotecnología a encuestar**

Donde:

N = Tamaño de la población      s<sup>2</sup> = Desviación estándar

n = Tamaño de la muestra      Z = Valor de tablas de la normal estándar

Media = Promedio del número de trabajadores que laboran en los centros de investigación de nanotecnología

#### **4.3.3 Tercera fase: Marco de Análisis de la Innovación Disruptiva**

El marco de análisis surge a partir de la investigación teórica realizada, así como de la información proporcionada por las diversas fuentes consultadas, generando el instrumento aplicable a los centros de investigación de nanotecnología de los dos grandes constructos (innovación disruptiva y nanotecnología) que son las unidades de análisis de este trabajo de investigación y que fueron operacionalizados, definidos y dimensionados, considerando que un constructo es un conjunto de dimensiones heterogéneas interrelacionadas entre sí que deben ser tratadas como un único concepto teórico como lo establece Law et al., (1998).

Autores como Cazau (2006) señalan que las dimensiones son variables complejas de estudio que deben ser analizadas por separado, en tanto que las variables son propiedades,

características o atributos que se dan en grados o modalidades diferentes en las unidades de análisis (Briones, 1996). Por otro lado, Martínez (2004) enfatiza que al analizar y desagregar los atributos y dimensiones de los constructos se asegura que sean concretos y se favorece en la precisión de la medición.

En el marco de análisis se identificaron cuatro dimensiones que fueron operacionalizadas y categorizadas con el fin de identificar la disrupción de los productos elaborados con nanotecnología, el mercado en el cual se comercializan, la tecnología utilizada y la propiedad intelectual de los mismos. Las dimensiones establecidas son: Producto, Mercado, Tecnología y Activos intelectuales (ver tabla 33). Las cuales se encuentran interrelacionadas entre sí y conformadas por un conjunto de indicadores de las variables observables (Edwards, 2001).

Tabla 33  
*Marco de Análisis Innovación Disruptiva*

| Dimensión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Variable                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Categorías  |                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|
| Producto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Uso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Simple      | Complejo       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Servicio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Conveniente | No conveniente |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Costo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Alto        | Bajo           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Mencionan la simplicidad o facilidad de conveniencia al tratarse de productos sencillos y de uso fácil, similares a los existentes y de excelente calidad, pero de bajo costo, asociando el uso de mano de obra menos especializada (Christensen, 1997; Govindarajan y Kopalle, 2006; King y Baatartogtokh, 2014 y De Almeida et. al., 2015) |             |                |
| Mercado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Emergente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Si          | No             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Nivel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Alto        | Bajo           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Clientes satisfechos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Sí          | No             |
| Tecnología                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Se comercializan inicialmente en mercados emergentes y poco significativos, además atienden las necesidades insatisfechas (Christensen, 1997; Thomond y Lettice, 2002; Govindarajan y Kopalle, 2006; King y Baatartogtokh, 2014 y De Almeida et. al., 2015)                                                                                  |             |                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Nivel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Alto        | Medio          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Costo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Alto        | Bajo           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Las tecnologías de las empresas establecidas son desplazadas del mercado principal por tecnologías que tienen desempeño inferior, por lo tanto, son más sencillas y de bajo costo (Christensen, 1997; Adner, 2002; Govindarajan y Kopalle, 2006 y De Almeida et. al., 2015)                                                                  |             |                |
| Activos intelectuales                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Patentes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Si          | No             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Derechos de autor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Si          | No             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Marcas comerciales                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Si          | No             |
| La propiedad intelectual de los productos, procesos o servicios que surjan de una innovación disruptiva son de vital importancia para no perder de vista ninguna oportunidad que genere ideas; tal es el caso de las patentes, los derechos de autor, y las marcas comerciales (De Almeida et. al., 2015 y Nagy, Schuessler y Dubinsky 2016) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |             |                |

Fuente: elaboración propia, 2020 a partir de diversos autores

Con base a lo anterior, en esta tercera etapa se construyeron 13 ítems con el propósito de indagar acerca de cómo las características de la innovación disruptiva se relacionan con el desarrollo de los productos que se elaboran en los centros de investigación de nanotecnología, mismos que se incluyeron en la entrevista semiestructurada; estos ítems están enfocados al producto, al mercado, a la tecnología y a los activos intelectuales.

#### 4.3.3.1 Operacionalización de las Variables del Marco de Análisis de las Variables Independientes del Constructo la Innovación Disruptiva

De igual forma se realizó la operacionalización de las variables del marco de análisis con el propósito de complementar la información recabada de los centros de investigación de nanotecnología y así contar con un panorama general para identificar la disrupción de la nanotecnología en México.

##### 1. Dimensión Producto

Para la creación de nuevos productos, es necesario considerar la elaboración de productos originales, mejoras y modificaciones en los mismos; por lo que la dimensión **producto** se encuentra conformada por tres ítems (ver tabla 34) los cuales permiten determinar el tipo de uso de un producto, así como el servicio que ofrecen y su costo; en tanto que para el constructo de la innovación disruptiva se determinó que el uso del producto sea simple, que otorgue un servicio conveniente y que sea de bajo costo Christensen, 1997; Govindarajan y Kopalle, 2006; Kotler, 2007; King y Baatartogtokh, 2014 y De Almeida et. al., 2015; el producto o servicio poco a poco mejora su calidad y debido a eso es bien aceptado.

Tabla 34  
*Elementos que conforman la Dimensión Producto*

| Dimensión | Definición                                                                                                                         | Variable | Categoría   |                |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|----------------|
| Producto  | Es todo aquello que se puede ofrecer en el mercado para su atención, adquisición, consumo, que satisface un deseo o una necesidad. | Uso      | Simple      | Complejo       |
|           |                                                                                                                                    | Servicio | Conveniente | No conveniente |
|           |                                                                                                                                    | Costo    | Alto        | Bajo           |

Fuente: elaboración propia, 2020 a partir de Christensen, 1997; Govindarajan y Kopalle, 2006; Kotler, 2007; King y Baatartogtokh, 2014 y De Almeida et. al., 2015.

## 2. Dimensión Mercado

En el constructo de innovación disruptiva el ingreso de un producto o servicio se ubica en el extremo inferior del mercado y conforme este va madurando hace un desplazamiento progresivo de la competencia que ya está establecida, lo cual va a lograr a través de la captación de un número mayor de clientes.

Por lo tanto, en la dimensión **mercado** se diseñaron 3 ítems (ver tabla 35) para atender las necesidades insatisfechas de un mercado emergente (Thomond y Lettice, 2002) y en el momento de la introducción la innovación atrae los segmentos de cliente de nivel bajo y sensibles al precio, lo cual limita el potencial de rentabilidad de las empresas establecidas, esto permite la adopción de nichos de mercado y la inversión en el producto, servicio o modelo de negocio para incrementar su rendimiento; además pueden crear o entrar en nuevos nichos de mercado y ampliar el número de clientes que estén satisfechos.

Tabla 35  
*Elementos que conforman la Dimensión Mercado*

| Dimensión | Definición                                                                                             | Variable             | Categoría |      |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------|------|
| Mercado   | Es el conjunto de personas o de empresas con necesidades o deseos y la capacidad y voluntad de comprar | Emergente            | Si        | No   |
|           |                                                                                                        | Nivel                | Alto      | Bajo |
|           |                                                                                                        | Clientes satisfechos | Sí        | No   |

Fuente: elaboración propia, 2020 a partir de Christensen, 1997; Lamb, Hair y McDaniel, 2002, Thomond y Lettice, 2002; Govindarajan y Kopalle, 2006; Lamb, Hair y McDaniel, 2011; King y Baatartogtokh, 2014 y De Almeida et. al., 2015.

## 3. Dimensión Tecnología

En la dimensión **tecnología** se abordan 2 ítems (ver tabla 36), los cuales permiten determinar si la tecnología que se ocupa para la elaboración de productos es de un nivel alto o medio y si el costo de esta tecnología es alto o bajo. La importancia de saber el nivel de tecnología que se ocupa para la elaboración de productos en el constructo de la innovación disruptiva radica en que la interrupción de tecnología sucede cuando la tecnología desplaza a la tecnología principal del mercado principal.

Es decir, en la innovación disruptiva de acuerdo con Christensen (1997) se abre la puerta a la introducción de tecnologías más simples o de nivel bajo o media y sobre todo menos costosa. Las empresas con estas tecnologías disruptivas, están destinadas a mejorar el desempeño de sus productos y al hacerlo, eventualmente se apoderan de los mercados más antiguos.

Tabla 36  
*Elementos que conforman la Dimensión Tecnología*

| Dimensión  | Definición                                                                                                                                                                         | Variable | Categoría |       |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-------|
| Tecnología | La tecnología utiliza conocimientos científicos con el fin de controlar cosas o procesos naturales, de diseñar artefactos o procesos, o de concebir operaciones de manera racional | Nivel    | Alto      | Medio |
|            |                                                                                                                                                                                    | Costo    | Alto      | Bajo  |

Fuente: Elaboración propia, 2020 a partir Bunge, 1985; Christensen, 1997; Adner, 2002; Govindarajan y Kopalle, 2006 y De Almeida et. al., 2015.

#### 4. Dimensión Activos Intelectuales

Los activos intelectuales son los principales generadores de valor para cualquier empresa (Pérez y Tangarife, 2013), tal es el caso de las patentes, los derechos de autor y las marcas comerciales y que a pesar de su carácter intangible deben de estar debidamente registrados y mostrar evidencia física de su existencia.

Para la dimensión **activos intelectuales** se consideraron tres 3 items (ver tabla 37) con la finalidad de determinar si un producto elaborado con nanotecnología es patentado, cuenta con derechos de autor y con su propia marca comercial, lo anterior obedece principalmente que a través de las patentes es posible medir los resultados para la incorporación de nuevas tecnologías a la sociedad y en el caso de la nanotecnología existen un sin número de potenciales ideas innovadoras; regularmente los activos intelectuales de los productos, procesos o servicios que emanan de una innovación disruptiva representan la oportunidad de nuevas ideas De Almeida et. al., 2015 y Nagy, Schuessler y Dubinsky 2016.

Tabla 37

*Elementos que conforman la Dimensión Activos intelectuales*

| Dimensión             | Definición                                                                                                                                                                                         | Variable           | Categoría |    |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|----|
| Activos intelectuales | Son aquellos elementos que tienen una naturaleza inmaterial, es decir, sin esencia física y poseen la capacidad de generar beneficios económicos futuros que pueden ser controlados por la empresa | Patentes           | Si        | No |
|                       |                                                                                                                                                                                                    | Derechos de autor  | Si        | No |
|                       |                                                                                                                                                                                                    | Marcas comerciales | Si        | No |

Fuente: elaboración propia, 2020 a partir de Azúa, 1999; Osorio, 2003; Arango, et al., 2007; De Almeida et. al., 2015 y Nagy, Schuessler y Dubinsky 2016.

#### 4.3.3.3 Descripción del Instrumento de Medición

En la entrevista semiestructurada se integraron los 13 ítems en la dimensión innovación disruptiva, que corresponde al marco de análisis que sustentado en la teoría.

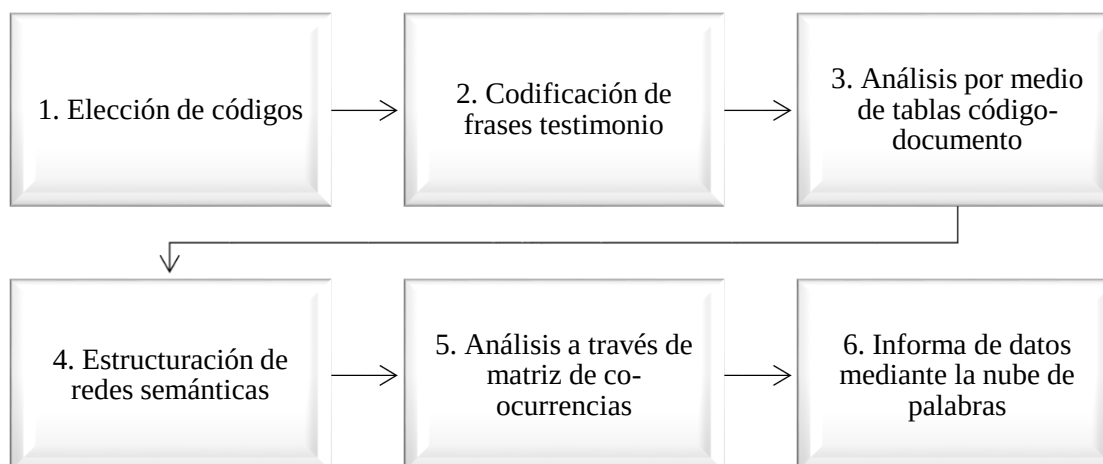
#### 4.3.3.4 Análisis de Resultados

Los datos obtenidos a través de la aplicación de las entrevistas semiestructuradas serán analizados a distintos niveles que aportarán información complementaria sobre los constructos: innovación disruptiva y nanotecnología especificando a través del Modelo de Kline el impacto de los productos elaborados con nanotecnología y establecer su disrupción en el mercado.

Asimismo, se evaluarán las relaciones que existen entre las diferentes variables; para esto se utilizó el software de datos cualitativos “ATLAS.ti 8”. Lo anterior, con el propósito de hacer uso de manera correcta y apropiada de las herramientas del análisis cualitativo, para ello se llevará a cabo el proceso descrito en la figura 26.

Figura 26

*Proceso del Análisis Cualitativo Utilizando el Software “ATLAS.ti 8”*



Fuente: elaboración propia con información de ATLAS.ti 8 (2014).

A continuación, se hace una descripción detallada de cada una de las etapas de dicho proceso:

### **1. Elección de códigos**

En este primer paso se establecerán los códigos a utilizar, estos serán seleccionados de acuerdo con las fases o etapas y variables del Modelo de Kline de Enlaces en Cadena. Los códigos permitirán clasificar en los elementos aquellas frases testimonio surgidas en las entrevistas semiestructuradas.

### **2. Codificación de frases testimonio**

El siguiente paso del análisis será la codificación de frases testimonio; como ya se mencionó son las fases o etapas del Modelo de Kline de Enlaces en Cadena y a través de estos se van a la obtener las herramientas o mecanismos de análisis de datos como tablas código-documento, redes semánticas, matriz de co-ocurrencias y nube de palabras.

### **3. Análisis por medio de tablas código-documentos**

Estas son herramientas que permitirán analizar la popularidad de datos de cada código, a través de estas herramientas se identificarán el número total de frases testimonio para cada

fase o etapa y esto permite que la interpretación de dichas tablas, sea representativo y de una visualización fácil y sencilla.

Es importante destacar que la interpretación de los gráficos de pastel en estudios de tipo cualitativo es diferente con respecto a estudios de tipo cuantitativo. Los gráficos de pastel de un estudio cualitativo muestran aspectos de popularidad, es decir, el porcentaje de cada elemento que se visualiza hace referencia únicamente a la cantidad de información recolectada, considerando aspectos tanto negativos como positivos.

#### **4. Estructura de redes semánticas**

En este tipo de herramienta se presentan de manera gráfica las frases testimonio de cada elemento, de igual forma las atracciones con otros códigos; a través de estas redes semánticas se mostrarán resultados visuales más fáciles de entender.

#### **5. Análisis a través de la matriz de co-ocurrencias**

En esta siguiente etapa del proceso del análisis cualitativo, se mostrará la coincidencia de las frases testimonio en diferentes códigos, es decir, aquellos datos que caen tanto en un elemento como en otro. En esta matriz también se presentará el coeficiente C, este medirá el grado de atracción entre un código con otro; es decir mide la fuerza que una variable y/o elemento se atrae con otro. Este coeficiente es semejante al coeficiente de correlación en cuanto a su interpretación: entre más cerca este a uno la fuerza de atracción es mayor (ATLAS.ti 8, 2014).

#### **6. Informe de datos mediante la nube de palabras**

Este último informe, tiene la misma funcionalidad de la tabla código documentos; en esta se presentará la popularidad de cada código. La información que se presenta con mayor amplitud (ATLAS.ti 8, 2014) es la que se representará por la palabra más grande y la tonalidad más fuerte.

#### **4.3.4 Validación de la Investigación**

La validez de un estudio involucra su relevancia con respecto a sus objetivos planteados, así como a la coherencia lógica de sus componentes; la validez también representa la cualidad que lo hace fidedigno y da testimonio del rigor con que este se llevó a cabo.

Es importante destacar que la validez se va desarrollando a lo largo de todo el estudio, en cada una de sus fases o etapas, para lo anterior es necesario seguir una serie de procesos que aseguren la confiabilidad de la información que se está recolectando (Yin, 2014). Los criterios que se utilizaron para la validez del presente estudio se describen en la tabla 38.

Tabla 38  
*Validez del Estudio*

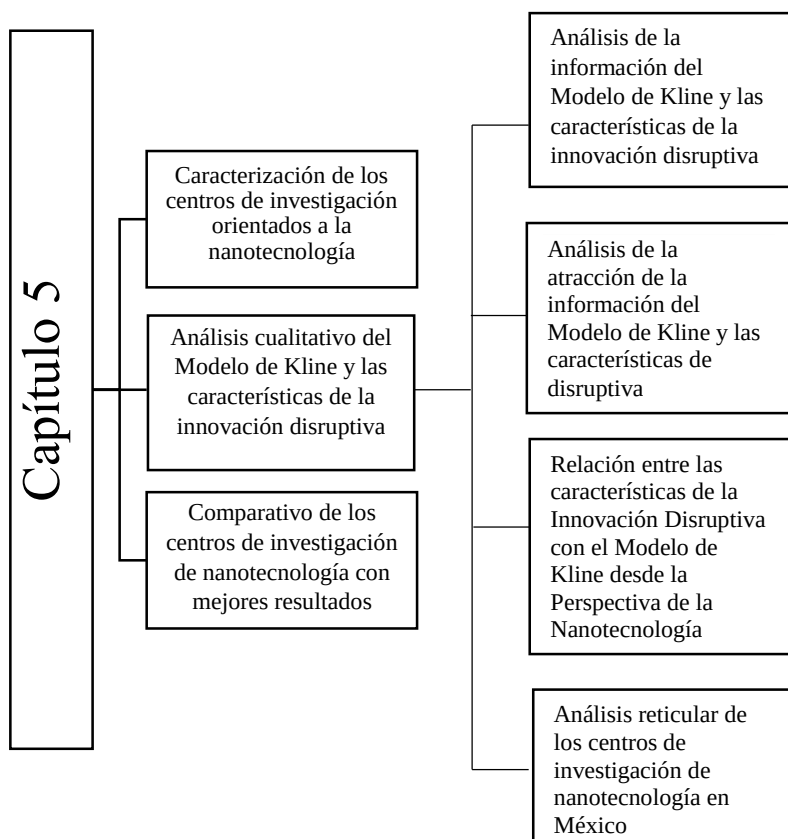
|                       |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Validez de constructo | Operacionalizar las métricas que se emplearán en la investigación.<br>El resultado de esto es la identificación de diversas fuentes de información | Instrumentos de recolección de datos, entrevistas semiestructuradas de acuerdo con los instrumentos que se construyeron en base a las trayectorias del Modelo de Kline y a las características de la innovación disruptiva                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Validación interna    | Buscar las causalidades que presenta el fenómeno a estudiar, con el objetivo de establecer inferencias                                             | Descripción de la estrategia de la investigación cualitativa<br><br>Investigaciones sobre las tendencias de la innovación disruptiva<br><br>Revisión de la literatura de diagnósticos sobre nanotecnología<br><br>Búsqueda de estudios previos relacionados con el Modelo de Kline                                                                                                                                                                                               |
| Validación externa    | Descripción de los hallazgos que pueden llegar a la generalización                                                                                 | Revisión teórica de cada uno de los modelos de innovación más reconocidos: modelos lineales (impulso de la tecnología y tirón de la demanda), modelos por etapas, modelos interactivos o mixtos, modelo de Kline, modelos integrados y modelos en red; así como de las características de la innovación disruptiva<br><br>Identificación de los hallazgos del estudio comparado con la literatura<br><br>Análisis de resultados cualitativos por medio del software “ATLAS.ti 8” |
| Validez de contenido  | Instrumentos con cuestionamientos relevantes y concisos en cuestión de lo que se pretende evaluar                                                  | Revisión de los instrumentos por medio del juicio de expertos en innovación disruptiva                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Fiabilidad            | Los procesos llevados a cabo en el estudio pueden volverse a aplicar en cualquier otro momento                                                     | Cuestionario base para las entrevistas con los elementos del Modelo de Kline y las características de la innovación disruptiva                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Fuente: elaboración propia a partir de Yin (2014)

## CAPÍTULO 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Contenido:

Figura 27  
*Contenido Capítulo 5*



Fuente: elaboración propia, 2020

### 5.1 Caracterización de los Centros de Investigación Orientados a la Nanotecnología

Al indagar en un primer momento respecto a los centros de investigación en nanotecnología en México, se aplicó un cuestionario para confirmar la información obtenida del portal de CONACyT, y de la Secretaria de Economía respecto a los diagnósticos realizados en el tema de nanotecnología, identificando un total de 67 centros de investigación de nanotecnología; para la recolección de la información se realizó un censo a estos centros identificados; sin embargo, al hacer el análisis de la base de datos se eliminaron 13 de ellos en virtud de que no proporcionaron la información solicitada, argumentando situaciones de confidencialidad

y quedando finalmente 54 centros; estos reportan un promedio de 480 líneas de investigación y 250 proyectos de investigación.

Se identificaron 20 estados de la República en donde se ubican los centros de investigación de nanotecnología (ver figura 28), cabe resaltar que los estados con mayor número se localizan en Ciudad de México y Querétaro con 8, Nuevo León con 6 y San Luís Potosí con 5, en Baja California Sur, Chihuahua, Guanajuato y Yucatán se ubican 3 centros respectivamente y por último en Aguascalientes, Coahuila, Durango, Jalisco, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Veracruz cuentan con un centro de investigación de nanotecnología.

Figura 28

*Distribución de los Centros de Investigación de Nanotecnología en México*



Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida

Es importante destacar que la matrícula en educación superior en los últimos años se ha incrementado a más de 4 millones y medio de estudiantes en licenciatura y más de 384,600 estudiantes en posgrado (SEP, 2020), siendo un factor determinante para el avance de los centros de investigación de nanotecnología en México al requerir personal especializado en esta disciplina, sin embargo, la oferta educativa relacionada con el estudio de la

nanotecnología sigue siendo un área de oportunidad debido a la existencia de centros de investigación en estados en los que no se ubican instituciones de educación superior que estén relacionados con esta área, tal es el caso de Aguascalientes, Baja California Sur, Durango, Tlaxcala.

En México se identificaron 54 instituciones educativas (ProMEXICO, 2018) que ofertan estudios relacionados con la nanotecnología divididos principalmente en ingenierías, licenciaturas, maestrías y posgrados, los cuales se ubican en 20 estados de la república (ver tabla 39) y en algunos de estos estados no se tienen centros de investigación, por ejemplo Baja California Norte, Aguascalientes, Chiapas, Estado de México, Michoacán, Morelos, Tamaulipas, Tlaxcala y a pesar de ser este un tema relevante, se siguen limitando los esfuerzos en esta área de conocimiento y no se han logrado desarrollar bases científicas y tecnológicas al respecto.

Tabla 39

*Instituciones Educativas que Ofertan Estudios Relacionados con la Nanotecnología*

| Entidad Federativa | Nombre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Baja California    | Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño (FIAD)<br>Instituto Tecnológico de Tijuana (TECTIJUANA)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Chiapas            | Universidad Politécnica de Tapachula (UPTAP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Chihuahua          | Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ)<br>Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez (UTCJ)<br>Universidad Tecnológica Junta de los Ríos (UTJR)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Ciudad de México   | Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE)<br>Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México (IF-UNAM)<br>Instituto Politécnico Nacional (IPN)<br>Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Unidad Profesional (SEPI)<br>Sociedad Mexicana de Física, División de Nanociencias (SMF DINANO)<br>Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)<br>Universidad Iberoamericana (IBERO)<br>Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) |
| Coahuila           | Universidad Tecnológica de Coahuila (UTC)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Estado de México   | Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México (ITESM)<br>Universidad Politécnica del Valle de México (UPVM)<br>Universidad Tecnológica de Tecámac (UTTECAMAC)<br>Universidad Tecnológica de Zinacantepec<br>Universidad Tecnológica Fidel Velázquez (UTFV)                                                                                                                                                                                       |
| Guanajuato         | Guanajuato Tecno parque (GTP)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hidalgo         | Universidad de Guanajuato (UG)<br>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH)<br>Universidad Tecnológica de Tula -Tepeji<br>Universidad Tecnológica de Tulancingo (UTEC)<br>Universidad Tecnológica Tula-Tepeji (UTTT)                                                                             |
| Jalisco         | Centro Universitario de los Valles (CUVALLES)<br>Centro Universitario de Tonalá (CUTONALA)                                                                                                                                                                                                               |
| Michoacán       | Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo (UCEMICH)<br>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)                                                                                                                                                                        |
| Morelos         | Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)<br>Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelos (UNAM – Morelos)<br>Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos (UTEZ)                                                                         |
| Nuevo León      | Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey (ITEM-Monterrey)<br>Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT)<br>Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)                                                                                                   |
| Puebla          | Universidad Tecnológica Gral. Mariano Escobedo (UTE)<br>Centro de Nanotecnología de la BUAP (NANO-BUAP)<br>Fundación Universidad de las Américas Puebla (UDLAP)<br>Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Puebla (ITESM-Puebla)<br>Universidad de las Américas Puebla (UDLAP) |
| Querétaro       | Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ)<br>Universidad Tecnológica de Querétaro (UTEQ)                                                                                                                                                                                                                   |
| San Luís Potosí | Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus SLP (ITESM-SLP)<br>Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)                                                                                                                                                                     |
| Sinaloa         | Universidad Politécnica de San Luis Potosí (UPSLP)                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Sonora          | Universidad Politécnica de Sinaloa (UPSIN)                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Tabasco         | Universidad de Sonora                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Tamaulipas      | División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez (UJAT)                                                                                                                                                                                                                                          |
| Veracruz        | Universidad Tecnológica de Altamira<br>Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica (ITSPOZARICA)                                                                                                                                                                                                         |
| Yucatán         | Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz (UTCV)<br>Universidad Autónoma de Yucatán (UAY)                                                                                                                                                                                                           |

Fuente: elaboración propia a partir ProMÉXICO, 2018

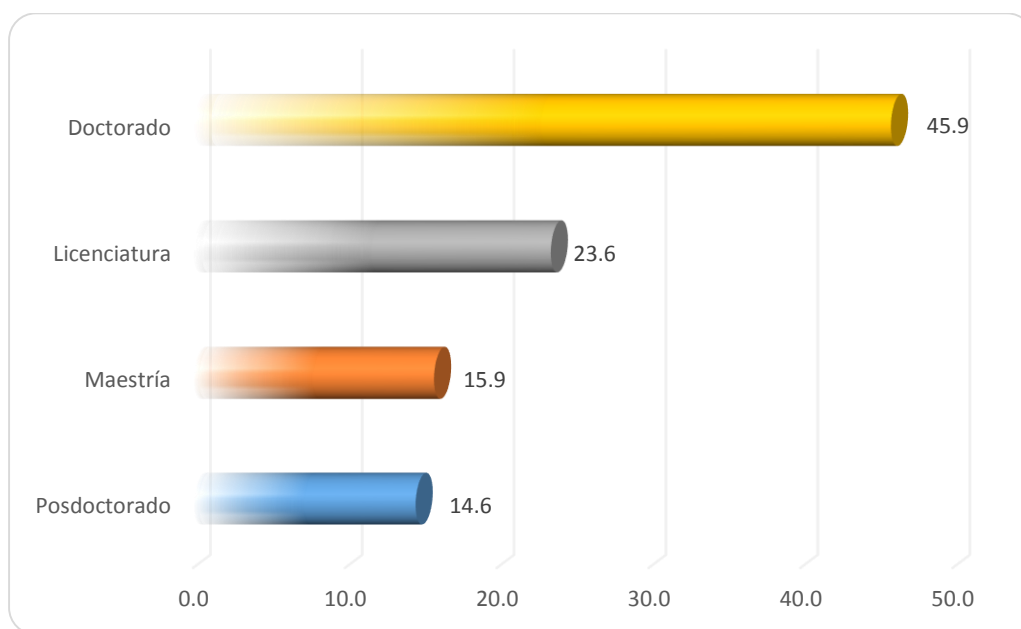
Es importante destacar que el estudio y desarrollo de la nanotecnología tiende a demandar de una alta especialización para la formación de científicos, para esto es necesario involucrar diversas ciencias tales como la física y la química principalmente. De acuerdo con Flores-Chávez (2019) lo anterior representa un desafío importante para asegurar la continuidad de los proyectos de investigación en la cual participen estudiantes de doctorado, realizando proyectos de investigación durante los últimos semestres de su carrera, guiados por un académico; de esta manera heredarán los proyectos y asegurarán su continuidad en el

conocimiento, pasando de una investigación básica a una investigación aplicada (ver figura 29).

A este respecto, en la figura 29 se observa el grado de estudios de las personas que colaboran en los centros de investigación de nanotecnología en México, identificando que el 14.6% cuentan con posdoctorado 45.9% tienen estudios de doctorado, 15.9% tienen grado de maestría y 23.6% tienen grado de licenciatura. Representando una ventaja competitiva para aquellos centros de investigación que cuentan con el personal especializado y capacitado; de acuerdo con Sáenz (2000) se requiere de mano de obra altamente adaptable a las continuas innovaciones tecnológicas.

Figura 29

*Grado de Estudios del Personal que Labora en los Centros de Investigación*



Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida

La tabla 40 muestra los estadísticos descriptivos de las preguntas realizadas a los centros de investigación de nanotecnología en México observándose la información cuantitativa y las medidas de tendencia central para las diferentes unidades de análisis. Destacándose que todos los centros de investigación cuentan con algún tipo de recurso (federal, estatal o propio), de igual forma reciben por lo menos una capacitación al año y cuentan con el desarrollo de algún

producto con nanotecnología. Se resalta también que los centros que cuentan en promedio con 63.88% de personal laborando y que son los centros ubicados en la Ciudad de México, Querétaro, Nuevo León y San Luis Potosí, estados con mayores centros de investigación identificados en México.

Asimismo, se observan altos promedios en los proyectos de investigación con 37.62% siendo los estados de Ciudad de México, Querétaro, Chihuahua, Sonora y Yucatán los que mayormente aportan a este rubro. No obstante, el promedio referente al desarrollo de productos con nanotecnología sigue siendo bajo debido a que sólo 2.15% reportan este dato.

Tabla 40  
*Estadísticos Descriptivos*

| Estadísticos descriptivos                              | Media | Mediana | Moda            |
|--------------------------------------------------------|-------|---------|-----------------|
| Número de líneas de investigación                      | 12.33 | 6.00    | 4               |
| Número de publicaciones en los últimos cinco años      | 35.13 | 10.00   | 2               |
| Número de proyectos de investigación                   | 37.62 | 15.00   | 5               |
| Número de proyectos de investigación de nanotecnología | 4.40  | 2.00    | 1               |
| Número de personas que laboran                         | 63.88 | 33.00   | 13 <sup>a</sup> |
| Número de veces que reciben capacitación por año       | 2.33  | 2.00    | 2               |
| Número de colaboraciones científicas                   | 11.95 | 8.00    | 5 <sup>a</sup>  |

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos.

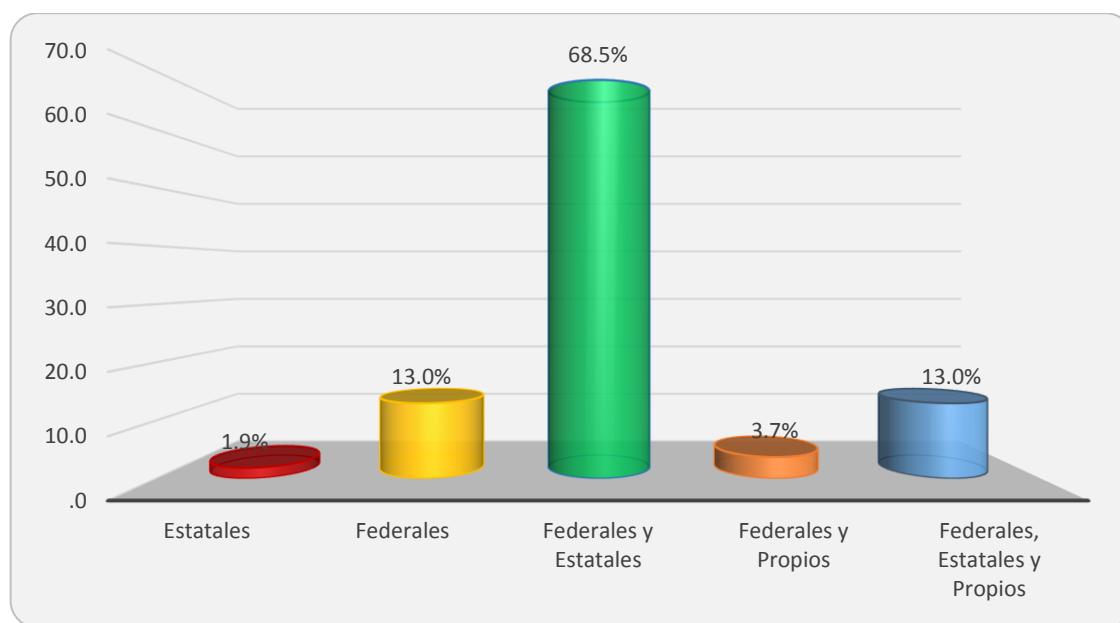
Los resultados indican que de los 54 centros de investigación 68.5% cuentan con recursos federales y estatales, es decir que más de la mitad son financiadas con este tipo de recursos. 13.0% tiene acceso a recursos federales, estatales y propios, de igual forma 13.0% tienen acceso a recursos federales, 3.7% cuentan con recursos federales y propios, mientras que el 1.9% funcionan con recursos estatales (ver figura 30).

Sin embargo, las iniciativas necesarias para el desarrollo científico de la nanotecnología en México requieren de más apoyo siendo una necesidad que el gobierno, las universidades y el sector privado apoyen a la comunidad científica y existan proyectos interdisciplinarios que fomenten la investigación básica, y en el mediano plazo se concrete la investigación aplicada

con productos y patentes en el mercado y de acuerdo con Záyago-Lau et al; (2013) el desarrollo nanotecnológico en México se enmarca en un contexto donde el apoyo a la ciencia y tecnología (CT) es limitado.

Figura 30

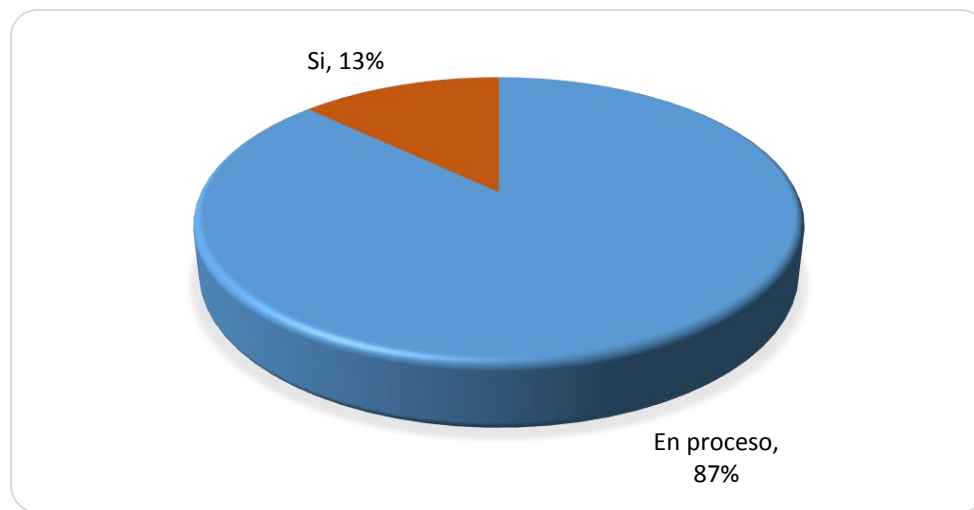
*Tipo de Financiamiento que Reciben los Centros de Investigación*



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

Los productos elaborados con nanotecnología o sus procesos se clasifican en función de su ubicación en la cadena de valor, el Lux Research (2004) hace la siguiente categorización: Nanoherramientas, es el equipo y software para visualizar, manipular y modelar; nanomateriales, estructuras a nanoescala en forma no procesada; nanointermedios, productos intermedios con características de nanoescala y los productos nanohabilitados, bienes finales que incorporan nanotecnología; en la figura 31 se observa que, de los 54 centros de investigación, sólo el 13% cuentan con un producto elaborado con nanotecnología mientras 87% se encuentra en proceso, confirmando que el avance en materia de nanotecnología sigue siendo un tema pendiente para la comunidad científica en México.

Figura 31  
*Centros de Investigación que Desarrollan Productos con Nanotecnología*

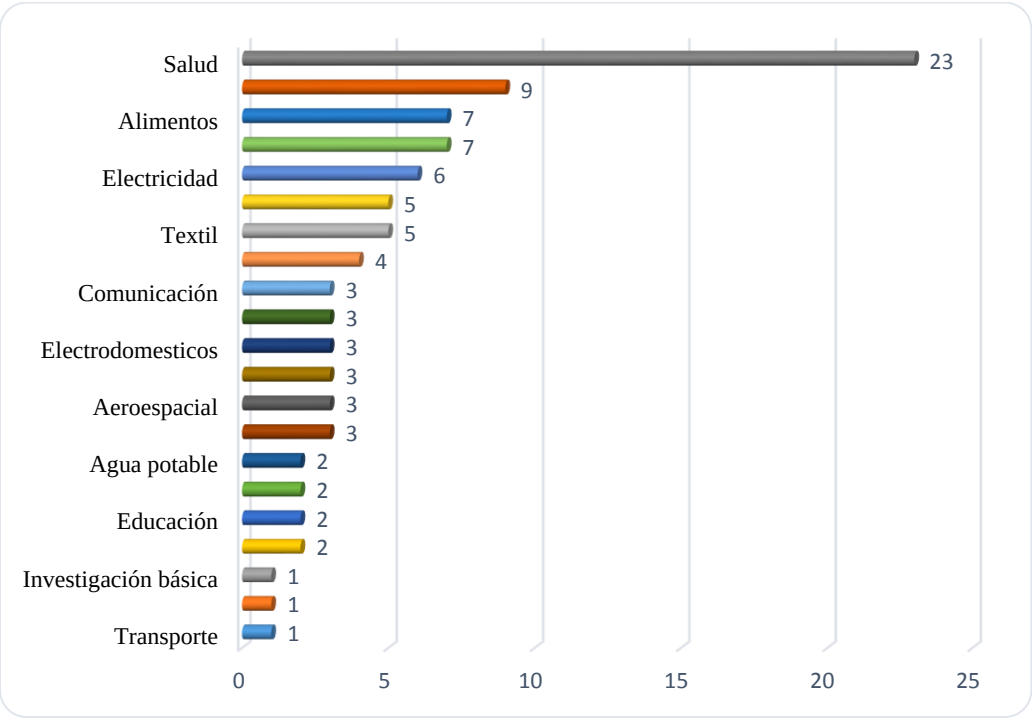


Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

Uno de los sectores más dinámicos es el sector salud, donde la aplicación de la nanotecnología ha contribuido con el desarrollo y mejora de sistemas y procesos innovadores como el desarrollo y caracterización de jaulas de oro nanométricas para tratamientos de cáncer, materiales antibacteriales en hospitales y equipos de prevención, diagnóstico y tratamiento, creando soluciones médicas que anteriormente eran inimaginables, pero que hoy se convierten en una realidad. Ubicándose con 23% de los centros de investigación en nanotecnología que respondieron.

El sector automotriz se ubicó con 9% con productos mejorados por los nanomateriales como para la economía de combustibles, lubricantes y revestimientos de fácil limpieza, también se usa en la protección de los motores para lograr mejores rendimientos, la industria alimentaria con 7% fue otro sector que mayormente se seleccionó por los centros de investigación debido a la aplicación en áreas como la calidad y seguridad en los alimentos al momento de ser envasados. También contribuye a la mejora del control de calidad y la formación de nanopartículas, nanoemulsiones y nanocápsulas, permitirá mejorar el valor nutricional de los productos. La figura 32 muestra los sectores en los cuales están enfocados los centros de investigación de nanotecnología en este trabajo.

Figura 32  
 Sectores a los que se Enfocan los Centros de Investigación



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

Se realizó un cruce de variables para identificar los productos que se desarrollan en los centros de investigación y conocer cuántos de ellos se encuentran actualmente en el mercado, identificando que en 47 centros han desarrollado productos con nanotecnología y 7 centros de investigación cuentan actualmente con productos en el mercado (ver tabla 41)

Tabla 41  
 Centros de Investigación que han Desarrollado Productos con Nanotecnología que se Encuentran en el Mercado o en Proceso

|                                            |            | Productos en el mercado o en proceso |            | Total |
|--------------------------------------------|------------|--------------------------------------|------------|-------|
|                                            |            | Sí                                   | En proceso |       |
| Productos desarrollados con nanotecnología | En proceso | 39                                   | 8          | 47    |
|                                            | Sí         | 7                                    | 0          | 7     |
| Total                                      |            | 46                                   | 8          | 54    |

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

En cuanto a la capacitación que se tiene en las unidades de análisis, en la tabla número 42 se confirma la importancia de contar con capacitación permanente y sobre todo al ser un área prioritaria en México (CONACyT, 2012); existe la necesidad de que el personal este consiente de la trascendencia en los productos con alto valor añadido, se trata de un ámbito que está adquiriendo gran protagonismo con gran proyección en la economía mundial, los resultados indican que el personal que labora en los centros de investigación reciben por lo menos una capacitación al año, han desarrollado algún producto o se encuentran en proceso.

Tabla 42

*Capacitación del personal que labora en los Centros de Investigación y cuentan con productos Elaborados con Nanotecnología*

|                                          |   | Desarrollaron algún producto con nanotecnología |            | Total |
|------------------------------------------|---|-------------------------------------------------|------------|-------|
|                                          |   | Si                                              | En proceso |       |
| Número de veces que reciben capacitación | 1 | 5                                               | 3          | 8     |
|                                          | 2 | 36                                              | 4          | 40    |
| <b>Total</b>                             |   | 41                                              | 7          | 48    |

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

## 5.2 Análisis Cualitativo del Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva

El análisis cualitativo de la presente investigación se ejecutó en dos etapas: la primera de ellas fue a través de análisis descriptivos, de los cuales se extraen los principales hallazgos de la recolección de datos, mientras que la segunda se realizó por medio del software “ATLAS.ti 8”, esto con la finalidad de conocer como son las relaciones entre cada elemento del **Modelo de Kline y las características de la innovación disruptiva**.

Para llevar a cabo el análisis de datos se elabora el proceso de la codificación<sup>25</sup>, es decir a cada una las preguntas de la entrevista semiestructurada se diseñaron códigos y cada código se asignó a una familia la cual es representada por cada una de las partes del Modelo de Kline de enlaces en cadena, así como a las características de la innovación disruptiva.

<sup>25</sup> La codificación corresponde a la clasificación de datos cualitativos en códigos. Dichos códigos poder ser elementos, dimensiones, variables, problemáticas, o cualquier otro aspecto que el investigador pretenda analizar.

Lo anterior permitirá dos cosas: primero, identificar el proceso que realizan los centros de investigación de nanotecnología en el desarrollo de productos y verificar su relación con las etapas del Modelo de enlaces en cadena de Kline y segundo identificar los puntos de coincidencia con las características de la innovación disruptiva presentadas en el marco de análisis; con esto es posible hacer una triangulación de la información, es decir, identificar el proceso en el cual se compara lo hallado en el presente trabajo con la teoría y estudios previos, asegurando la confiabilidad de los datos recolectados; así como la aportación de un análisis de datos que, de acuerdo con la literatura, no se ha utilizado con anterioridad en investigaciones relacionadas con la nanotecnología y la innovación disruptiva.

A partir de la codificación antes mencionada, se obtienen tres herramientas de análisis: tablas código-documento (mostradas a través de las gráficas de pastel), redes semánticas y matriz de co-ocurrencias.

Es importante mencionar que derivado de la magnitud de información que se tiene y por la manera en que agrupan los datos en el software “Atlas, ti 8” se llevó a cabo un análisis por cada una de las trayectorias y cada una de las etapas del Modelo de Kline, esto con el propósito de evitar una incomprensión del reflejo de los análisis de los resultados.

A continuación, se presenta la codificación que se llevó a cabo con cada una de las trayectorias y etapas del Modelo de Kline y las características de la innovación disruptiva (ver tabla 43).

Tabla 43  
*Codificación de los elementos del Modelo de Kline y las características de la Innovación Disruptiva*

| Codificación del Modelo de Enlaces en Cadena de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva |                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Generalidades del Modelo de Kline de Enlaces den Cadena                                                 | Modelo de Enlaces en Cadena de Kline                                 |
| 100. Estructura Organizacional                                                                          | 101. Forma de operar, 102. Nomenclatura                              |
| 200. Mercado potencial                                                                                  | 201. Necesidad de innovar, 202. Innovación dirigida, 202. Beneficios |
| 300. Invento y/o diseño analítico                                                                       | 301. Desarrollo de productos, 302. Proceso de nanotecnología         |
| 400. Diseño detallado y prueba                                                                          | 401. Propósito de prototipos, 402. Principales innovaciones          |

|                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 500. Rediseño y producción                       | 501. Finalidad del rediseño, 502. Existe retroalimentación, 503. Proceso de retroalimentación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 600. Distribución y venta                        | 601. Usuario final del producto, 602. Servicios que ofrecen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 700. Conocimiento                                | 701. Conexión entre investigación e invención                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 800. Investigación                               | 801. Tipo de investigación, 802. Conexión entre mercado y la investigación, 803. Tipo de innovación que generan, 804. Enfoque de proyectos de investigación, 805. Descripción de colaboraciones científicas                                                                                                                                                                                                                                  |
| 900. Características de la innovación disruptiva | 901. Uso del nanoproducto, 902. Servicio que ofrece el nanoproducto, 903. Costo del nanoproducto, 904. Nanoproductos para mercados emergentes, 905. Nivel del nanoproducto, 906. Satisfacción del cliente con nanoproductos, 907. Nivel de tecnología para nanoproductos, 908. Costo de la tecnología para nanoproductos, 909. Nanoproductos patentados, 910. Nanoproductos con derechos de autor, 911. Nanoproductos con marcas comerciales |

Fuente: elaboración propia a partir de Christensen (1997), Kline y Rosenberg (1986), Thomond y Lettice, (2002), Adner (2002), Govindarajan y Kopalle (2006), King y Baartartogtokh (2014), De Almeida et al., (2015) y Nagy, Schuessler y Dubinsky (2016).

### 5.2.1 Análisis de la Información del Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva

La innovación es un factor que mayormente se cuida en los centros de investigación, debido a que su aplicación se realiza en cada etapa de los procesos para el desarrollo de productos con nanotecnología, la figura 33 refleja que la innovación disruptiva posee la mayor cantidad de información de todos los elementos analizados, destacándose con el 28%, significando que los centros de investigación desarrollan sus productos o sus innovaciones considerando las características de la innovación disruptiva; estas características se ven reflejadas en las cinco rutas que de acuerdo al Modelo de Kline se han identificado en los centros de investigación de nanotecnología.

La primera ruta del Modelo antes mencionado atraviesa la cadena central de innovación, la cual está conformada por un mercado potencial en donde se origina la idea o la necesidad de innovar el cual conduce a un invento y/o diseño analítico, pasándose a un diseño más detallado y prueba, para llegar al rediseño y producción y finaliza con la distribución y venta. En cada una de estas etapas se considera desarrollar productos simples, de uso fácil, que ofrezcan un servicio conveniente y que sean de bajo costo, combinando tecnologías de niveles inferiores de bajo costo también pero que satisfaga las necesidades de un mercado emergente como lo argumentan Christensen (1997); Govindarajan y Kopalle, (2006); King

y Baatartogtokh, (2014) y De Almeida et. al., (2015) quienes establecen que, para la creación de un producto disruptivo, deben contar con las características antes mencionadas.

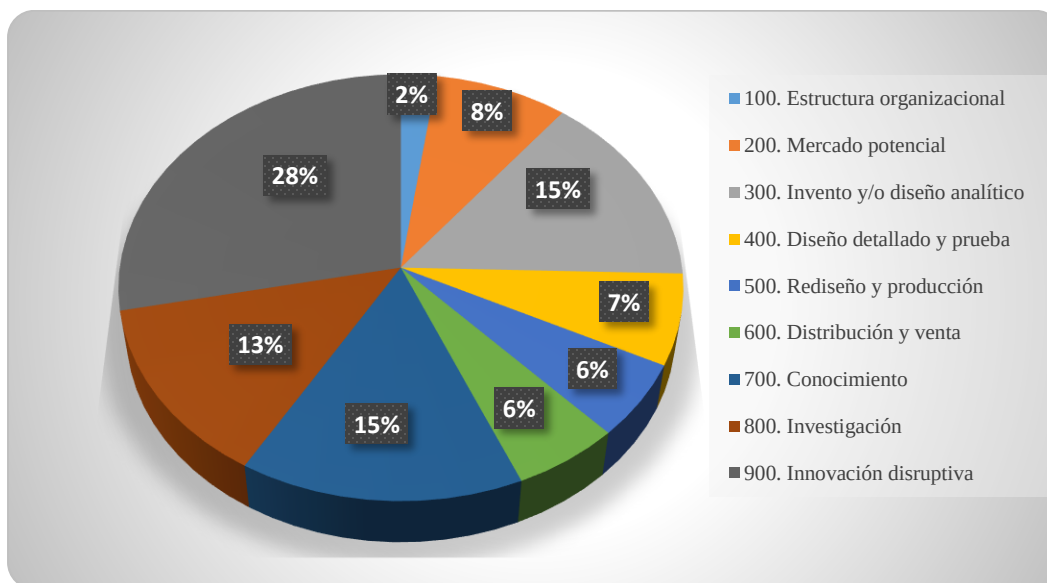
En cuanto a la segunda ruta del Modelo de Kline también son consideradas estas características en virtud de que en esta ruta la retroalimentación es parte de la cooperación entre la especificación del producto, su desarrollo, los procesos de producción, y el marketing (Kline y Rosenberg, 1986); en los que se incluyen otras tecnologías y cuya finalidad es lograr la satisfacción del cliente.

La tercera ruta del Modelo de Kline juega un papel preponderante debido a la conexión entre la investigación y la invención con la cadena central de innovación; lo anterior es porque en cada etapa se enfrenta un problema por lo que se recurrirá primero al conocimiento existente, pero cuando no es posible obtener la información que se requiere se recurre al siguiente nivel de la investigación (Kline y Rosenberg, 1986), si es el caso de que se logre la invención de nuevos productos estos deben de ser patentados (De Almeida, et. al., 2015 y Nagy, Schuessler y Dubinsky, 2016) haciendo uso de nuevas tecnologías (en este caso la nanotecnología) porque son tecnologías de nivel medio y de costo bajo (Christensen, 1987; Adner, 2002; Govindarajan y Kopalle, 2006 y De Almeida et. al., 2015) y que por lo regular van a crear una innovación que de acuerdo a los efectos que esta genere puede ser radical, incremental o disruptiva; siendo esta la cuarta ruta en el Modelo de Kline, el cual representa el vínculo posible entre la investigación y la fase de invención o diseño analítico.

Para la última trayectoria del Modelo, es una retroalimentación entre la fase del producto final y la investigación, estando está ligada nuevamente a las características de los productos, el tipo y costo de las tecnologías a utilizar y que estos productos cuenten con marcas comerciales, patentes y derechos de autor como lo argumentan De Almeida et al., (2015) y Nagy, Schuessler y Dubinsky (2016).

Figura 33

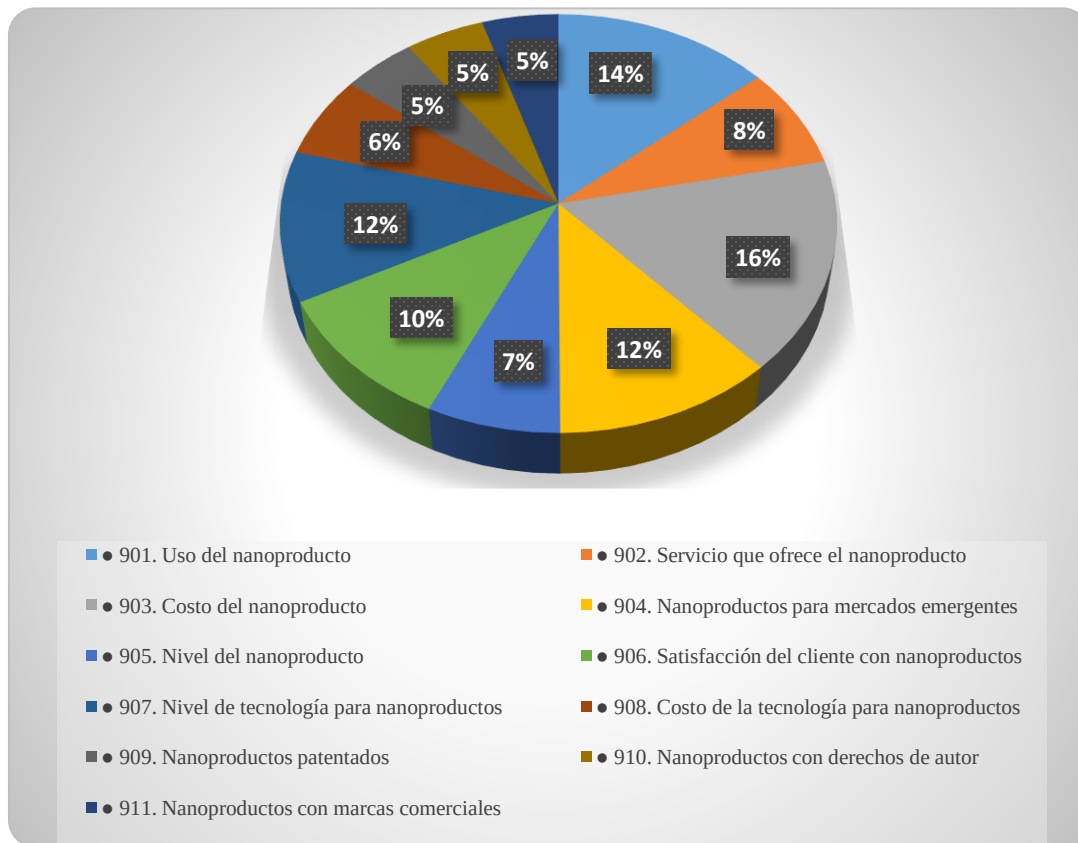
*Análisis del Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva*



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

El elemento de innovación disruptiva también fue analizado en relación con las distintas etapas del Modelo de Kline; la figura 34 muestra la cantidad de información recolectada; en ella se observa que el elemento más popular es el costo del nanoproducto con 16%, lo que implica que en las actividades que realizan los centros de investigación de cada una de las rutas del Modelo de Kline consideran esta característica de la innovación disruptiva a fin de obtener un producto elaborado por una idea o una necesidad, que proporcione un servicio conveniente, elaborado con tecnologías sencillas a bajo costo y poseedor de sus activos intelectuales correspondientes, principalmente en su patente para satisfacer mercados emergentes y contar con clientes satisfechos (Christensen, 1997; Adner, 2002; Thomond y Leticce, 2002; Govindarajan y Kopalle, 2006; King y Baatartogtokh, 2014, De Almeida et. al., 2015 y Nagy, Schuessler y Dubinsky, 2016).

Figura 34  
Análisis de las Características de la Innovación Disruptiva



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

La cantidad de información recolectada sobre el elemento de **conocimiento** el cual se desarrolla en la tercera ruta del Modelo de Kline es del 23% como se observa en la figura 35; esta ruta es verdaderamente significativa debido a que se extiende a lo largo del proceso de innovación; en esta conexión entre la investigación y la invención se desarrollan diversas actividades debido a las problemáticas que puede enfrentar cualquier etapa y que debe recurrir inminentemente al uso de conocimientos científicos existentes; Kline y Rosenberg (1986) establecen que cuando ya no es posible obtener la información que se busca debe de investigarse para encontrar la solución más viable.

Figura 35  
Análisis del Conocimiento del Modelo de Kline



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

### 5.2.2 Vinculación entre el Modelo de Kline y las características de la innovación disruptiva

Los resultados al aplicar la técnica de la red semántica posibilitaron identificar la relación que existe entre los diferentes elementos que conforman las diversas atracciones conformadas en el Modelo de enlaces en cadena de Kline y las características de la innovación disruptiva comparándolo con los procesos de innovación que realizan en las

unidades de análisis durante el desarrollo de sus actividades, principalmente en la elaboración de los productos con nanotecnología.

En la figura 36 se muestra la red semántica del centro de investigación de nanotecnología número 1, apreciándose claramente cada uno de los elementos del Modelo de Kline (estructura organizacional conformado por las variables forma de operar y nomenclatura; mercado potencial integrado por las variables necesidad de innovar, innovación dirigida y beneficios; invento y/o diseño analítico lo integran las variables desarrollo de productos y proceso de nanotecnología; diseño detallado y prueba lo conforman las variables propósito de prototipos y principales innovaciones; rediseño y producción integrado por las variables finalidad del rediseño, existe retroalimentación y proceso de retroalimentación; en el elemento de distribución y venta considera las variables usuario final del producto y servicios que ofrecen; en el elemento de conocimiento contempla únicamente a la variable de conexión entre investigación e invención; el elemento de investigación considera las variables de tipo de innovación que generan, el enfoque de proyectos de investigación y la descripción de las colaboraciones científicas).

Asimismo, se puede observar el elemento de características de la innovación disruptiva, la cual está conformada por las variables de uso del nanoproducto, servicio que ofrece el nanoproducto, costo del nanoproducto, nanoproductos para mercados emergentes, nivel del nanoproducto, costo de la tecnología para nanoproductos, nanoproductos patentados, nanoproductos con derechos de autor y nanoproductos con marcas comerciales.

La atracción con cada una de las variables de los elementos antes mencionados parte de la variable **conexión entre la investigación e invención**, a excepción de los elementos que conforman la estructura organizacional el cual está integrado por las variables forma de operar y nomenclatura; Kline y Rosenberg (1986) sugieren que exista un departamento de I+D para llevar a cabo estas actividades, recordando que este Modelo está enfocado a las empresas y los centros de investigación operan de manera distinta, en el sentido de que el centro de investigación como tal es un departamento de (I+D).

Por otro lado, también se observa una falta de atracción con las variables del elemento de rediseño y producción, específicamente con la variable existe retroalimentación, lo anterior se debe a que de acuerdo Kline y Rosenberg (1986) el segundo trayecto establecido en el Modelo de Kline se enfoca en las retroalimentaciones que se generan en el camino central de la innovación y su etapa anterior y en la última trayectoria se realizan retroalimentaciones entre la fase del producto final y la investigación, situación que no es clara cómo realizan este proceso en los centros de investigación de nanotecnología debido a que solo expresaron que la retroalimentación se lleva en cada etapa del proceso o cuando solo quieren mejorar el producto o cuando se detectan deficiencias en el proceso.

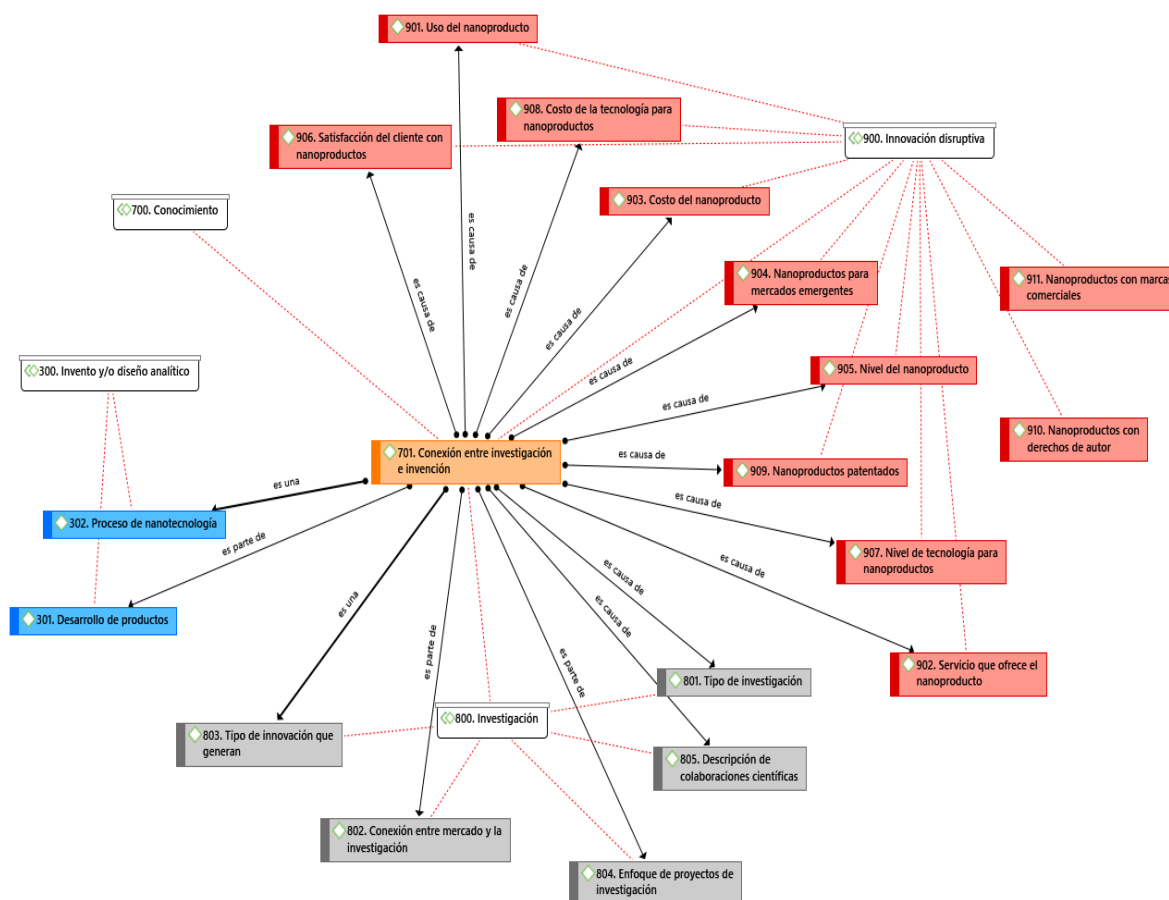
En cuanto al elemento de distribución y venta no se presenta una atracción con la variable usuario final del producto, esto es porque de acuerdo con Kline y Rosenberg (1986) cada nuevo producto crea nuevas condiciones del mercado y se deben de considerar las contribuciones de este usuario que por lo regular estas surgen en las primeras etapas del desarrollo del mercado; en el caso de los centros de investigación consideran al usuario final a la empresa que va adquirir la tecnología que ellos desarrollan lo que imposibilita considerar al usuario final del producto.

Respecto al elemento de las características de la innovación disruptiva no existe atracción hacia las variables de nanoproductos con derechos de autor y con marcas comerciales respectivamente, de acuerdo con Kline y Rosenberg (1986) en la tercera ruta del Modelo de Kline se ubica la conexión entre la investigación y la invención con la cadena central de innovación; en el momento en que logre la invención de nuevos productos estos deben de ser patentados; debido a la naturaleza de las actividades de los centros de investigación no consideran la comercialización de los productos que elaboran, por lo tanto no se enfocan a que los nanoproductos deben contar con derechos de autor y deben tener sus marcas comerciales antes de salir al mercado (De Almeida, et. al., 2015 y Nagy, Schuessler y Dubinsky, 2016).



costo de la tecnología para nanoproductos y nanoproductos patentados, también es posible observar la atracción del elemento invento y/o diseño analítico, sus variables son desarrollo de productos y proceso de nanotecnología y finalmente se aprecia la atracción del elemento de investigación, conformada por las variables conexión entre mercado y la investigación, el tipo de innovación que generan, el enfoque de los proyectos de investigación y la descripción de las colaboraciones científicas.

Figura 37  
Vinculación Conexión entre Investigación e Invención con el Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva

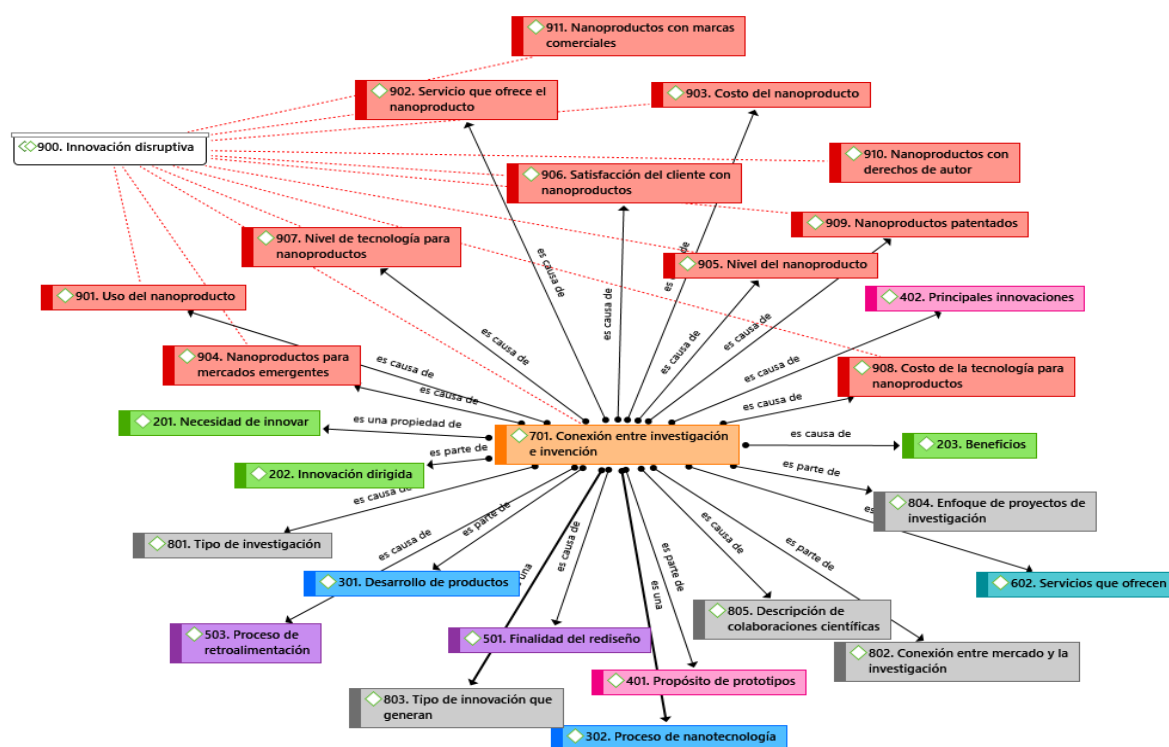


Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

En la vinculación de la información del elemento de **innovación disruptiva** con el Modelo de Kline se puede observar en la figura 38 una atracción directa con cada uno de sus variables:

uso del nanoproducto, servicio que ofrece el nanoproducto, costo del nanoproducto, nanoproductos para mercados emergentes, nivel del nanoproducto, costo de la tecnología para nanoproductos y nanoproductos patentados a excepción de las variables de nanoproductos con derechos de autor y nanoproductos con marcas comerciales con la variable de conexión entre investigación y la invención perteneciente al elemento de conocimiento, lo anterior se debe a que en esta etapa del Modelo de acuerdo con Kline y Rosenberg (1986) los descubrimientos de la investigación pueden llegar a ser inventos, mismos que deben de patentarse; es importante mencionar que debido a la naturaleza de las actividades de los centros de investigación no desarrollan actividades de comercialización por lo tanto, los productos que elaboran con nanotecnología no requiere de los derechos de autor ni que se consideren marcas comerciales; de igual manera se identifica que existe atracción con todas las etapas del Modelo de Kline a partir de la variable conexión entre investigación e invención perteneciente al elemento de conocimiento.

Figura 38  
Vinculación de las Características de la Innovación Disruptiva y el Modelo de Kline

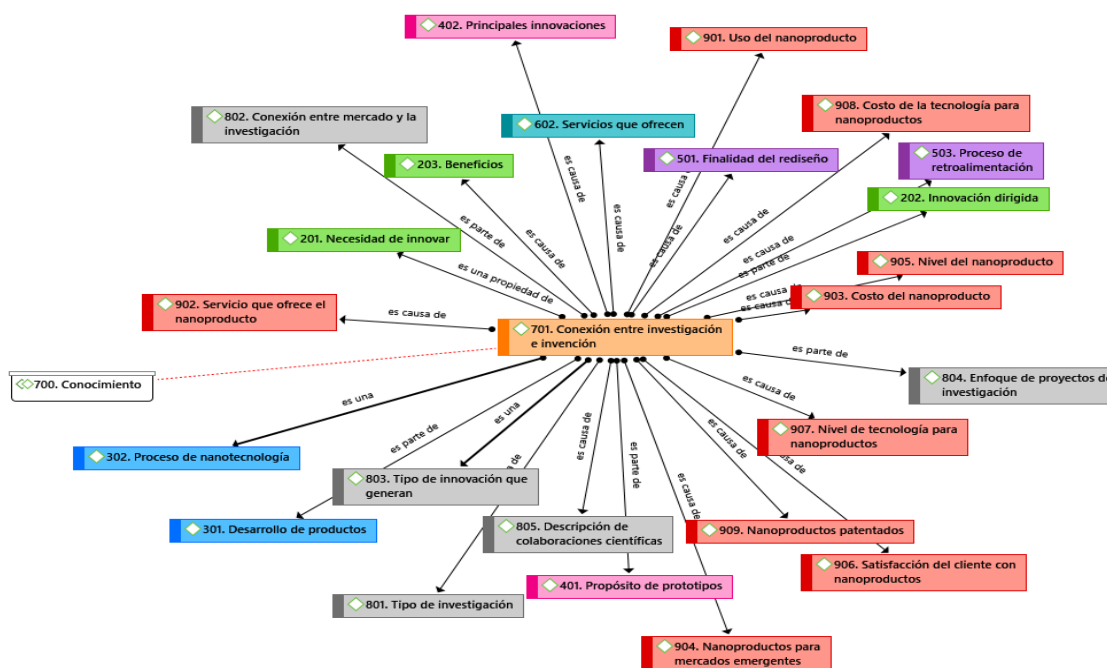


Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

La siguiente etapa analizada por medio de la red semántica es el **conocimiento**. En la figura 39 se identifica que la variable conexión entre investigación e invención posee una atracción directa con cada uno de los otros elementos del Modelo y con las variables que forman parte de los elementos de innovación disruptiva (rojo); en cuanto al elemento de mercado potencial (verde) existe atracción con sus variables, al igual que las variables pertenecientes al elemento invento y/o diseño analítico (azul); para los elementos de diseño detallado y prueba (rosa) y el elemento de investigación (gris) existe relación con todas sus variables; en cuanto de los elementos de rediseño y producción (morado) solo existe retroalimentación con las variables finalidad del rediseño y proceso de retroalimentación; en el caso de la variable existe retroalimentación no hay atracción.

Kline y Rosenberg (1986) señalan que la segunda trayectoria del Modelo se enfoca a las diferentes retroalimentaciones que pueden surgir en las distintas etapas del Modelo con la finalidad de mejorar el producto de acuerdo a las necesidades del mercado; en el caso de los centros de investigación de nanotecnología no existe atracción de estas variables (existe retroalimentación y conexión entre investigación e invención) porque las actividades que se desarrollan están enfocadas en el conocimiento teórico acumulado que ya se tiene en estos centros de investigación y que tienden a resolver problemas sobre física, biología, química entre otras.

Figura 39  
Vinculación Conocimiento con el Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

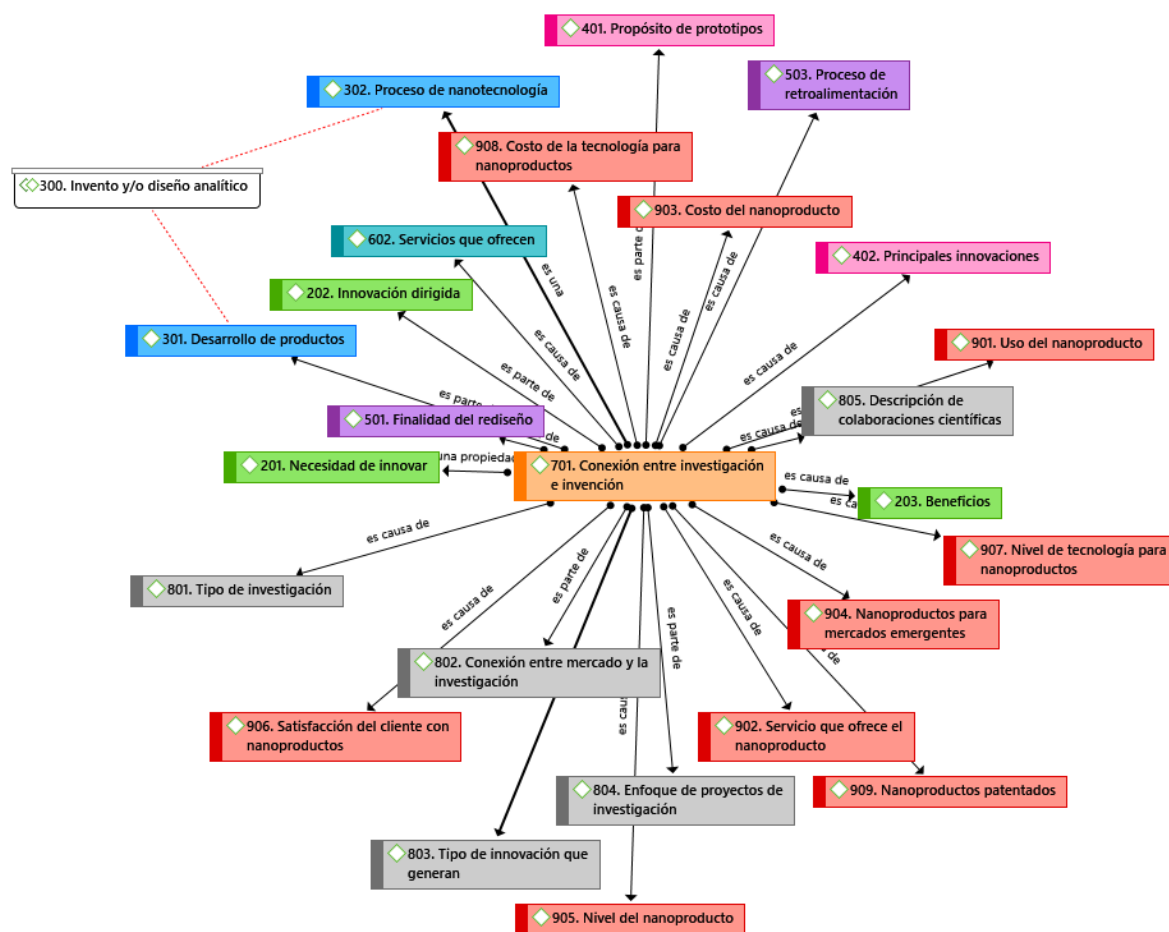
En cuanto a la vinculación existente entre la información del elemento **invento y/o diseño analítico** (azul) se observa en la figura 40 la atracción entre los elementos del Modelo de Kline y parte de la variable conexión entre investigación e invención (anaranjado), destacándose una atracción directa con las variables del mercado potencial (verde), diseño detallado y prueba (rosa), rediseño y producción (morado) y el elemento de investigación (gris), así como el elemento de las características de la innovación disruptiva (rojo), también es posible observar que no existe atracción entre las variables usuario final del producto perteneciente a la etapa de distribución y venta (verde fuerte) y la variable conexión entre investigación e invención (anaranjado).

Kline y Rosenberg (1986) explican que esta etapa de conexión entre investigación e invención se enfrentan todos los problemas referentes al diseño e invención de los productos de acuerdo a las necesidades del mercado; por otro establecen que en la etapa de distribución

y venta se deben de considerar las condiciones del mercado así como distintas interacciones entre el producto final y el mercado potencial; solo que en este caso los centros de investigación no realizan actividades de comercialización y al no estar en contacto con el usuario final no identifican claramente las necesidades específicas que estos tienen; los centros de investigación consideran la información proporcionada por las empresas que adquieren los productos que elaboran para llevar a cabo esta etapa.

Figura 40

*Vinculación Invento y/o Diseño Analítico del Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva*

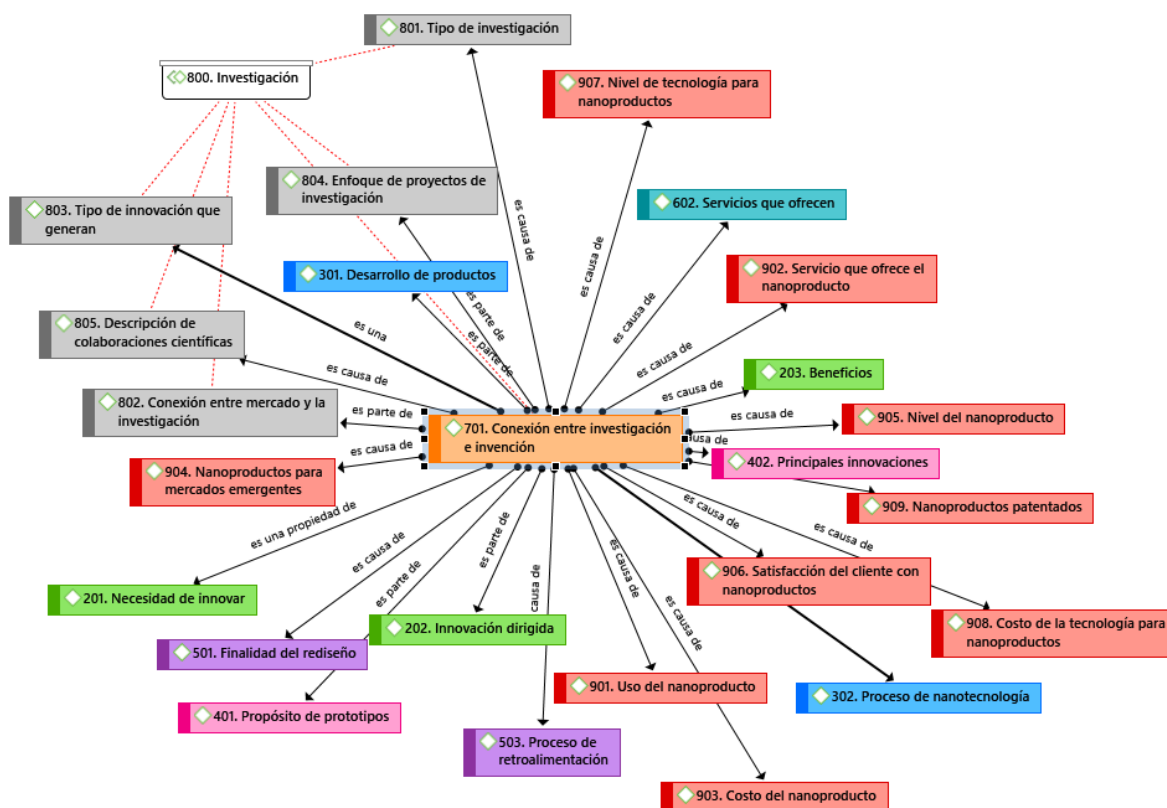


Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

El siguiente análisis corresponde al elemento de **investigación**, en la figura 41 se observa una relación directa entre las variables que la integran, tal es el caso de las variables tipo de investigación, conexión entre mercado y la investigación, tipo de innovación que generan, enfoque de proyectos de investigación y descripción de las colaboraciones científicas (gris) con las variables de los elementos que conforman el Modelo de Kline iniciando con el mercado potencial (verde), invento y/o diseño analítico (azul), diseño detallado y prueba (rosa), rediseño y producción (morado), distribución y venta (verde fuerte), conocimiento (anaranjado) y las variables que integran el elemento de las características de la innovación disruptiva (rojo).

Es necesario resaltar que no hay vinculación de información con las variables nanoproductos con derechos de autor y nanoproductos con marcas comerciales pertenecientes al elemento de las características de la innovación disruptiva con la variable conexión entre investigación e invención del elemento de conocimiento; Kline y Rosenberg (1986) explican que en el momento en que logre la invención de nuevos productos estos deben de ser patentados; en los centros de investigación no consideran actividades sobre comercialización de los productos que elaboran, por lo tanto no se enfocan a que los nanoproductos deben contar con derechos de autor y deben tener sus marcas comerciales antes de salir al mercado (De Almeida, et. al., 2015 y Nagy, Schuessler y Dubinsky, 2016).

Figura 41  
Vinculación Investigación del Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

Es importante destacar que las variables denominadas forma de operar y nomenclatura son pertenecientes al elemento de estructura organizacional no presenta atracción con ninguna de las variables que conforman el Modelo de Kline, lo anterior se debe a que estas son variables que se integraron al Modelo con la finalidad de identificar la existencia de un departamento de I+D, siendo esta una recomendación de Kline (1985).

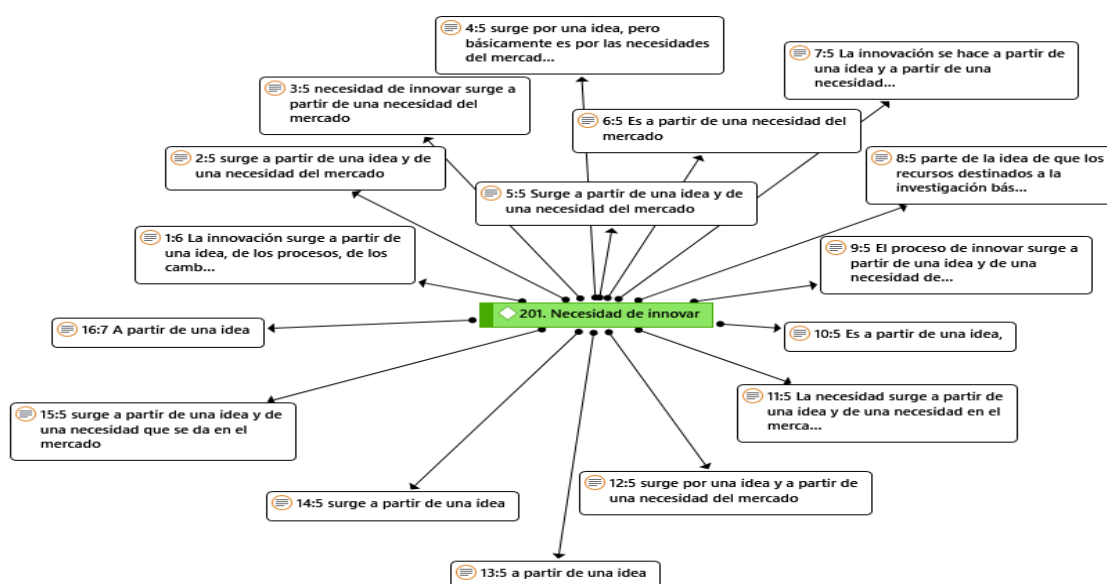
A continuación, se presenta un análisis de acuerdo a lo expresado por los responsables de los centros de investigación de nanotecnología y las actividades que realizan en su proceso de innovación, además de mostrar la atracción existente, lo anterior con el propósito de determinar aquellos centros que más se acercan a las actividades que establecen Kline y Rosenberg en el Modelo de enlaces en cadena.

De acuerdo al modelo de Kline el proceso de innovación inicia en la etapa del mercado potencial, la invención y/o diseño analítico, el diseño detallado y prueba, el rediseño y producción y finalmente la distribución y venta, todas estas etapas conforman el primer trayecto del modelo, por lo que se construyó una red por cada actividad a fin identificar claramente las acciones que se llevan a cabo en los centros de investigación de nanotecnología.

En la figura 42 se describe que la variable necesidad de innovar se origina en el mercado potencial obedeciendo a una idea que debe materializarse en un invento y/o diseño analítico, y responder a una necesidad del mercado (Kline y Rosenberg, 1986). Encontrándose que en 11 centros de investigación surge esta necesidad de innovar de una idea dando origen a un bien o servicio que va a satisfacer una necesidad en el mercado. Sin embargo, para el caso de centros de investigación 5,6 y 7 mencionaron la intención de mejorar un producto o proporcionar un nuevo producto para satisfacer un mercado no satisfecho.

Figura 42

*Descripción Necesidad de Innovar del Mercado Potencial Modelo de Kline*



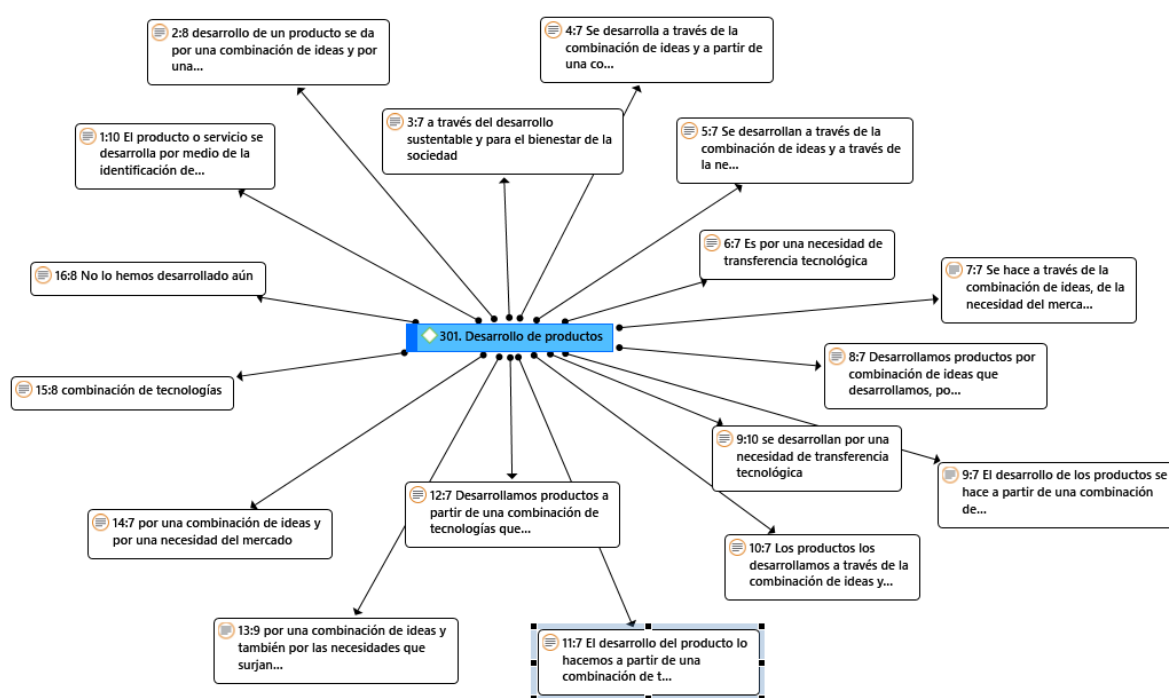
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

Al tomar forma la idea en algo material surge el invento y/o diseño analítico, el cual se diseña con una combinación de tecnologías y por una transferencia tecnológica de acuerdo con Kline y Rosenberg (1986); en la figura 43 se describen las actividades que desarrollan los centros

de investigación de nanotecnología sobre el invento y/o diseño analítico; específicamente en el desarrollo de productos, 14 de los 16 centros coinciden que tal actividad la llevan a cabo por medio de la identificación de necesidades en el mercado, por combinación de tecnologías y por una necesidad de transferencia tecnológica, en el centro 7 explican que este invento o diseño la realizan a partir de una combinación de conocimientos pre-existentes que satisfacen algún deseo.

Figura 43

*Descripción del Desarrollo del Mercado Potencial y el Modelo de Kline*



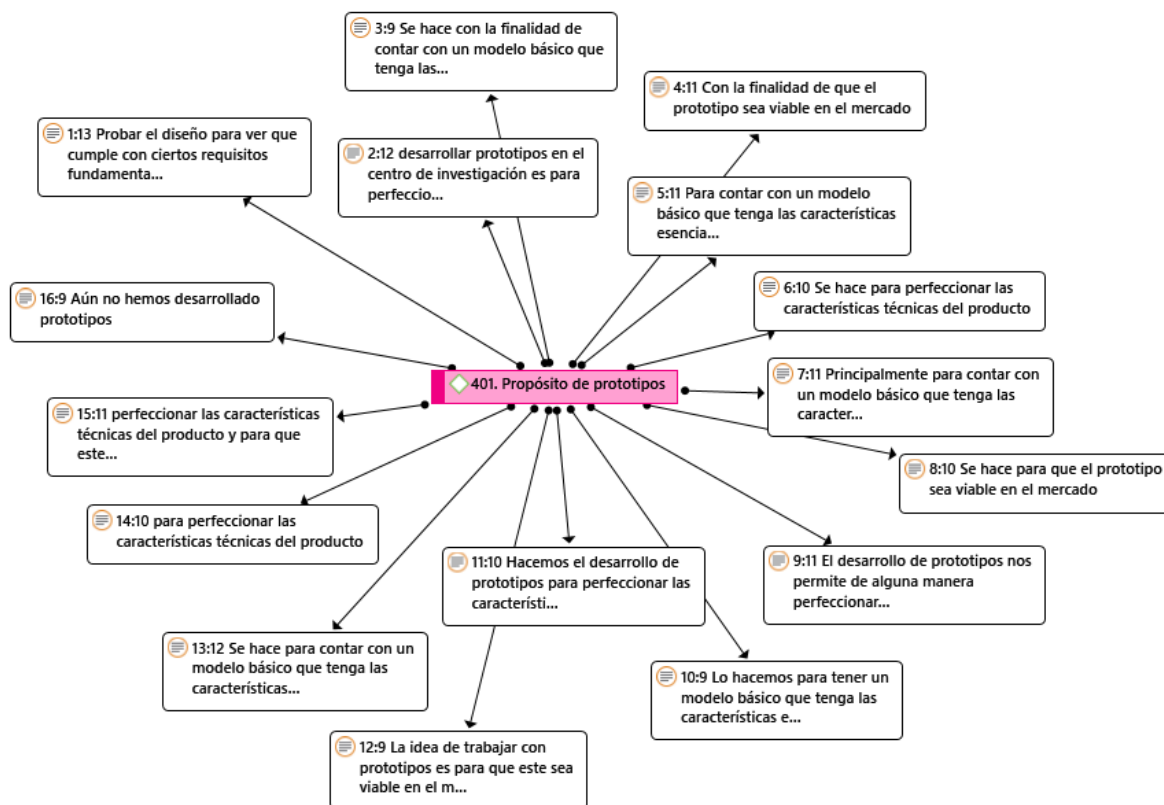
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

Siguiendo con el primer trayecto del Modelo de Kline del diseño analítico se pasa al diseño detallado, es decir la fabricación de prototipos y hacer las pruebas correspondientes (Kline y Rosenberg, 1986); esta actividad se describe en los centros de investigación centrándose en el propósito de los prototipos (ver figura 44), es decir, en probar el diseño para que este cumpla con los requisitos fundamentales, se busca también perfeccionar características técnicas del producto y este sea lo más viable posible en el mercado, para los centros de

investigación 5, 6 esta atracción se enfatiza aún más al buscar tener un modelo básico que tenga las características esenciales de lo que se intenta producir.

Figura 44

*Descripción del Propósito de Prototipos del Diseño Detallado y Prueba del Modelo de Kline*



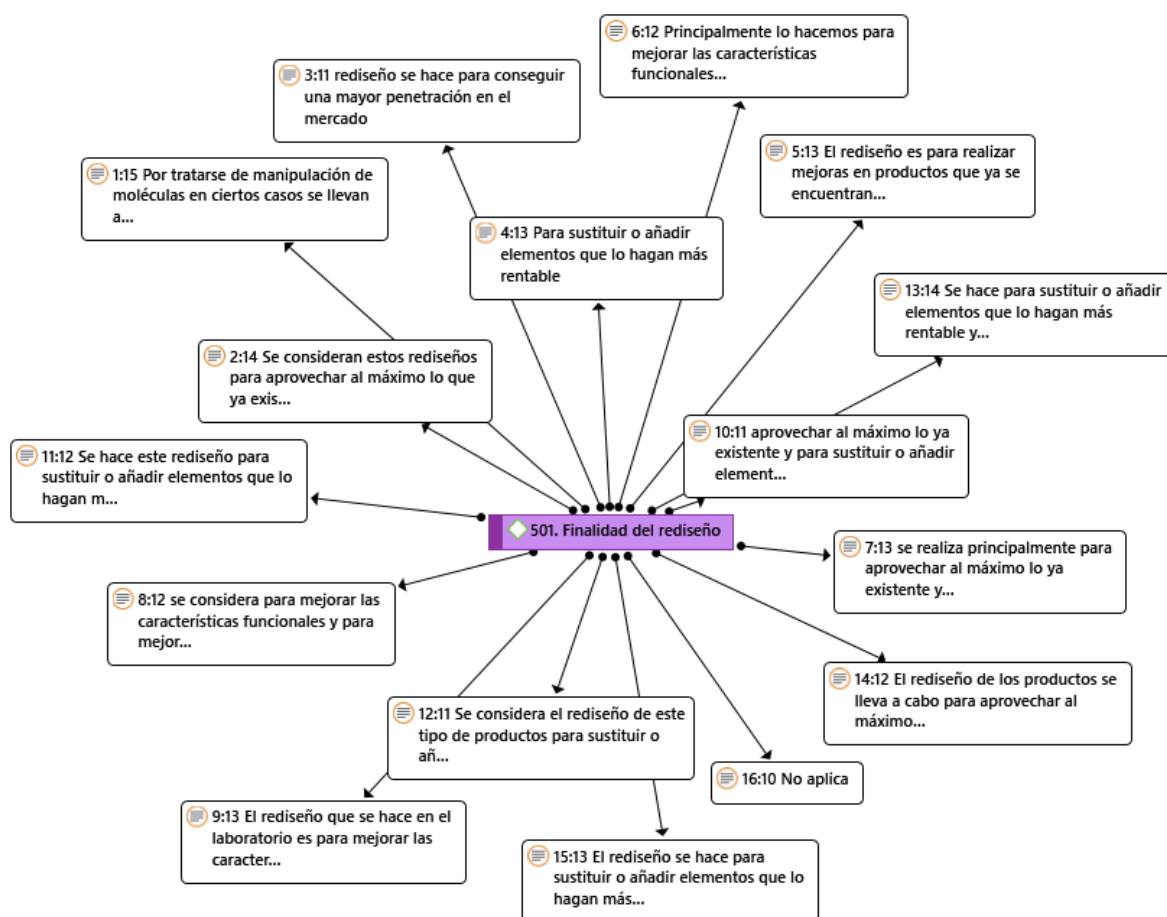
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

Siguiendo con el análisis de la información de los centros de investigación se describe en la figura 45 las actividades de la etapa de rediseño y producción, en esta parte final del trayecto se incorporan diferentes elementos al producto para su fabricación y posteriormente su comercialización (Kline y Rosenberg, 1986); esta parte del trayecto se identifica con la finalidad del rediseño, en la cual los centros de investigación lo llevan a cabo para realizar mejoras en los productos que ya se tienen en el mercado, también lo hacen para mejorar las

características funcionales de los productos; en los centros de investigación 13 y 15 lo llevan a cabo también para sustituir o añadir elementos que hagan más rentable al producto.

Figura 45

*Descripción de la Finalidad del Rediseño y Producción del Modelo de Kline*



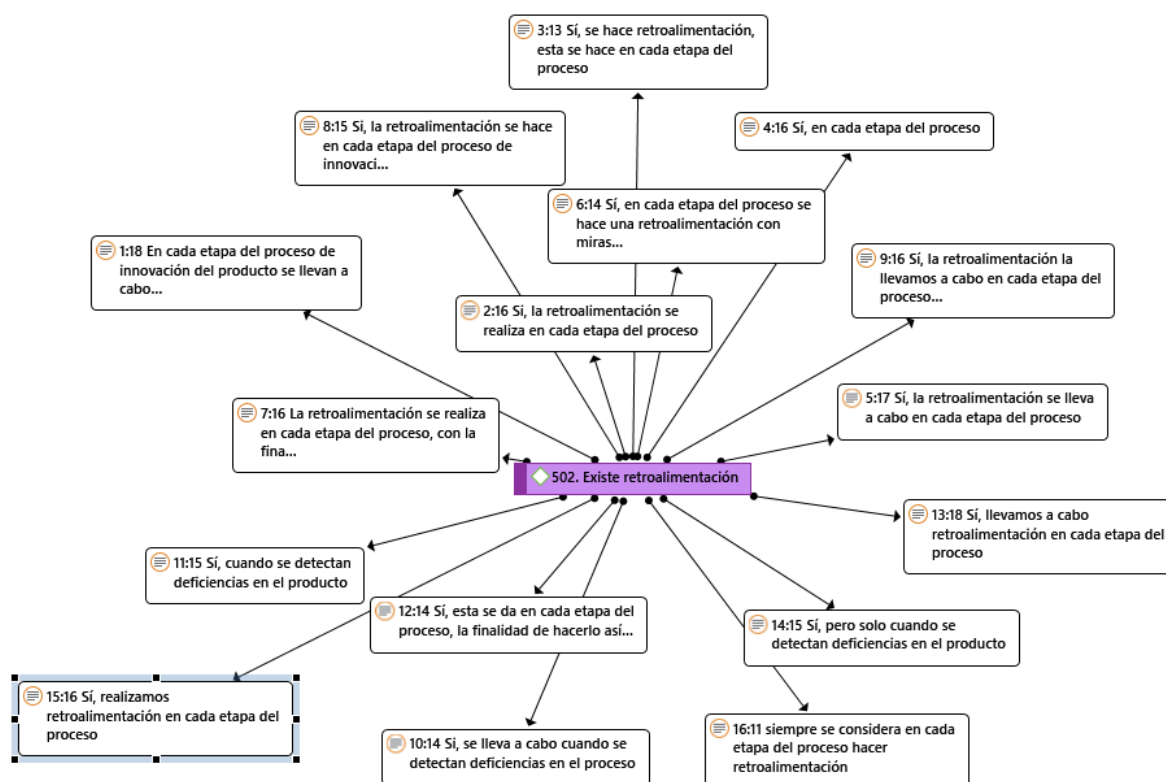
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

El segundo trayecto del Modelo de Kline está conformado por un conjunto de interacciones entre cada etapa del camino central de la innovación y su etapa anterior; también considera las retroalimentaciones entre el producto final y las etapas antecesoras, cuya finalidad es crear correcciones o mejoras en esta fases (Kline y Rosenberg, 1986); en la figura 46 se presentan las atracciones de los centros de investigación sobre la existencia de la retroalimentación en su proceso de innovación, en donde se observa que en los 16 centros llevan a cabo

retroalimentación, en 10 de ellos lo hacen en cada etapa del proceso; en los 6 centros restantes realizan esta actividad cuando se tienen deficiencias en algún proceso en específico y en el producto.

Figura 46

*Descripción de la Retroalimentación del Rediseño y Producción del Modelo de Kline*

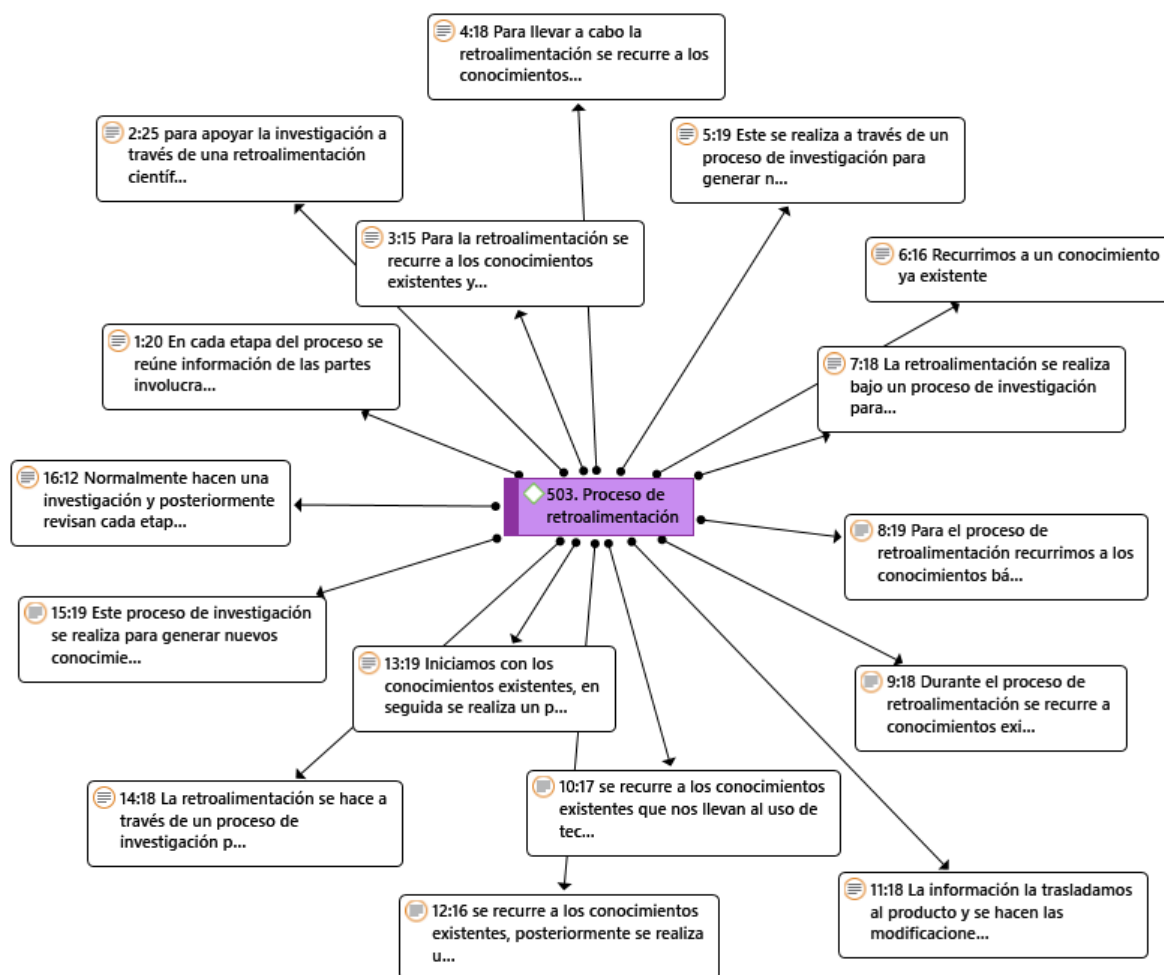


Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

Dada la importancia de este trayecto en el Modelo de Kline se indago aún más sobre esta actividad en los centros de investigación, en la figura 47 se describen las acciones que se llevan a cabo en los centros de investigación destacando que en la mayoría de ellos se recurre a conocimientos existentes, en los centros 5 y 6 se realiza un proceso de investigación para adquirir nuevos conocimientos y los centros 11 y 13 trasladan estos conocimientos al producto para hacer las modificaciones respectivas.

Figura 47

*Descripción del Proceso de Retroalimentación de Rediseño y Producción del Modelo de Kline*



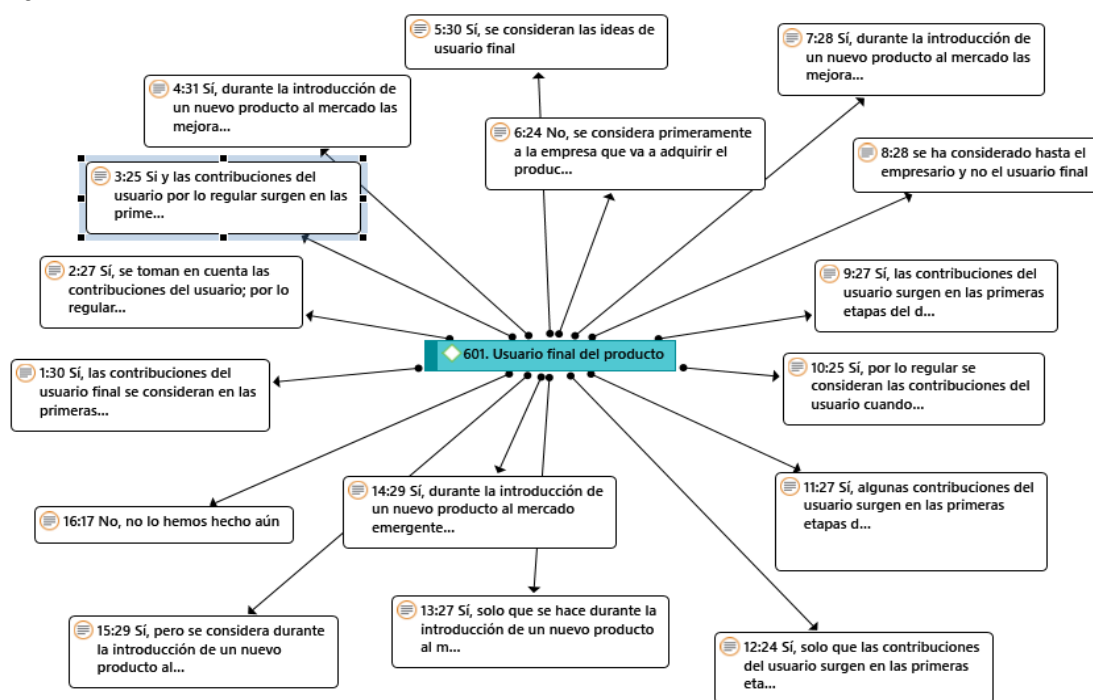
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

En el siguiente análisis se describen las retroalimentaciones que existen entre el usuario final del producto en la parte de la distribución y venta; esta interacción es parte de la cooperación entre la especificación del producto, su desarrollo, los procesos de producción, el marketing y los componentes de servicio de una línea de producto (Kline y Rosenberg, 1986), para los centros de investigación es muy complicado llevar a cabo esta actividad precisamente porque no se dedican a la comercialización de productos como tal, por lo que no es posible identificar claramente las contribuciones del usuario final del producto a través de sus intermediarios (empresas) las cuales toman en cuenta durante la introducción de un nuevo producto al

mercado ya que consideran que las mejoras son tan importantes como las nuevas ideas, cabe aclarar que los centros de investigación 6 y 8 antes de tomar en cuenta al usuario final de su producto consideran primeramente las recomendaciones que surgen en la empresa que va adquirir sus productos (ver figura 48).

Figura 48

*Descripción del Usuario Final del Producto con la Distribución y Venta del Modelo de Kline*

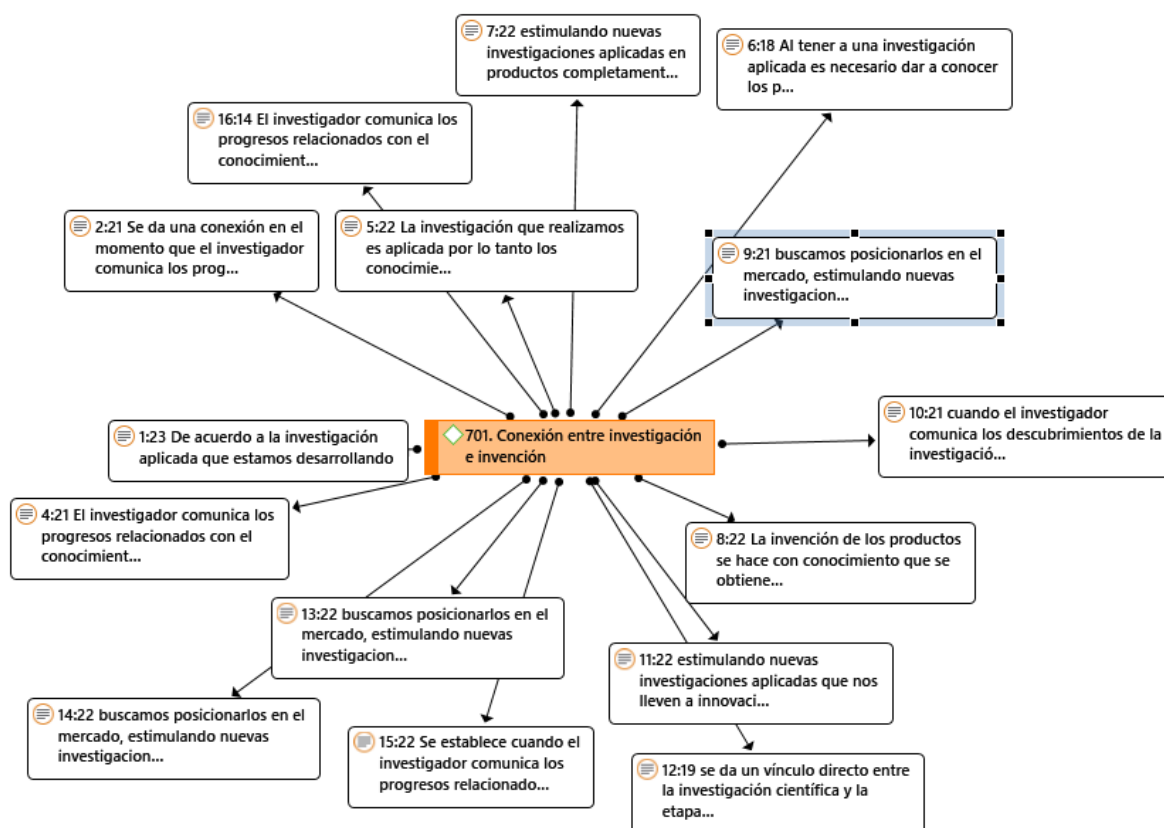


Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

La tercera ruta del Modelo de Kline se enfoca en la conexión del conocimiento y la investigación con la cadena central de innovación (ver figura 49), de acuerdo con Kline y Rosenberg (1986) cuando una etapa enfrenta un problema acudirá al conocimiento existente y cuando no sea posible obtener la información necesaria se debe recurrir al siguiente nivel de la investigación; los centros de investigación enfrentan esta situación de la siguiente manera: el investigador comunica los progresos relacionados con el conocimiento obtenido en la investigación básica, la cual constituye la base de una futura conexión, aunque es necesaria previamente una invención.

Figura 49

*Descripción de la Conexión entre Investigación e Invención y el Conocimiento del Modelo de Kline*



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

La conexión anterior entre investigación e invención puede dar sentido de que la nueva ciencia haga posible la creación de innovaciones que pueden tener distintas reacciones en el mercado (Kline y Rosenberg, 1986), cabe aclarar que este vínculo no es para nada usual o común en las empresas, pero Kline recomienda considerarlo, por otro lado, los centros de investigación analizados expresaron la posibilidad de que surja una innovación radical, incremental e incluso disruptiva.

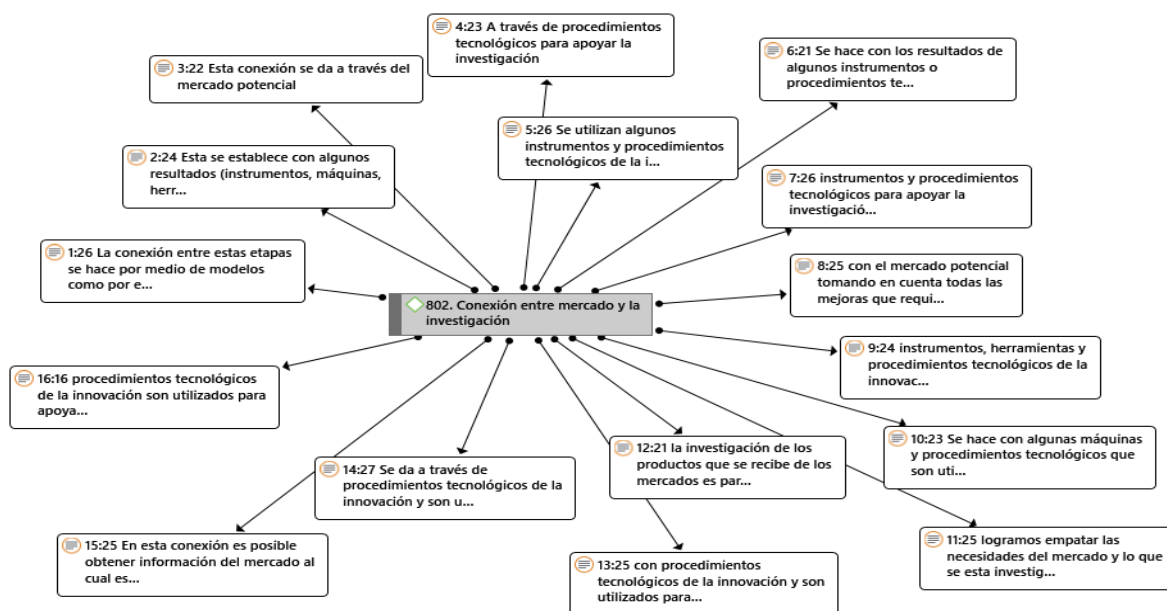
Para finalizar este análisis se considera el último trayecto del Modelo de Kline, se trata de una conexión directa entre los productos del mercado y la investigación, lo anterior surge como una consecuencia de que nuevos instrumentos, herramientas y procesos hacen posibles

investigaciones más complejas, entonces la ciencia depende de la tecnología (Kline y Rosenberg, 1986).

Esta última etapa del Modelo de Kline se lleva a cabo en los centros de investigación (ver figura 50) a través de procedimientos tecnológicos para apoyar la investigación, los centros de investigación 6 y 7 explican que esta conexión les ha permitido mejorar de una manera significativa sus productos para que tengan mayor aceptación en el mercado; por otro lado, los centros de investigación 13 y 15 enfatizan el uso de nuevas tecnologías para el desarrollo de mejores productos próximos para lanzarse al mercado.

Figura 50

*Descripción de la Conexión entre Mercado Investigación e Investigación del Modelo de Kline*



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

### **5.2.3 Relación entre las Características de la Innovación Disruptiva con el Modelo de Kline desde la Perspectiva de la Nanotecnología**

Los elementos evaluados en el presente trabajo de investigación es el proceso de innovación de acuerdo a las etapas del Modelo de Kline y las características de la innovación disruptiva en función de las actividades que se llevan a cabo en los centros de investigación de nanotecnología; por lo tanto, se pretende establecer el grado de correlación entre estas variables a través del coeficiente C, para determinar la fuerza con la que una variable y/o elemento se correlaciona con otras variables.

De acuerdo con los datos obtenidos en el coeficiente C (ver tabla 44) se confirma que en la etapa de mercado potencial la variable necesidad de innovar tiene una atracción baja del 0.35 y de 0.19 con el uso y el servicio que ofrece el nanoproducto y para el costo del nanoproducto se tiene una atracción media de 0.57; significando que es necesario reforzar que cuando se lleven a cabo las actividades de innovación se deben de considerar estas dos primeras variables.

En cuanto a la etapa de invento y/o diseño analítico los resultados que se presentan como atracciones medias son las que considera la variable desarrollo de productos y el costo del nanoproducto con 0.47 y para el costo de tecnología para nanoproductos con 0.54; de esta misma variable desarrollo de productos se obtuvieron atracciones bajas con las variables uso del nanoproducto con 0.15, servicio que ofrece el nanoproducto con 0.11, el nivel del nanoproducto con 0.11 y el nivel de tecnología para nanoproductos con 0.34; estas atracciones aunque son bajas son consideradas en el desarrollo de los productos con nanotecnología.

Para la etapa de diseño detallado y prueba la variable propósito de prototipos presenta una atracción baja con la satisfacción del cliente con nanoproductos con 0.40 y el nivel de la tecnología con 0.34; lo que indica que en esta etapa del modelo los centros de investigación están diseñando productos que se aproxima a lo que requieren los consumidores para lograr su satisfacción a través de la implementación de tecnologías de un mejor nivel al que vienen utilizando o de niveles inferiores que en este caso es la nanotecnología.

En la etapa de diseño y producción destaca la variable de finalidad del rediseño debido a que presenta dos atracciones medias en relación con el costo del nanoproducto con un coeficiente C de 0.44 y el costo de la tecnología para nanoproductos con 0.52; para esta misma variable se tiene una atracción baja para el nivel de tecnología para nanoproductos con un coeficiente C de 0.36 para mostrar una atracción baja.

Por otro lado la variable existe retroalimentación presenta atracciones bajas con coeficientes C de 0.22 y 0.24 con la satisfacción del cliente con nanoproductos y el nivel de tecnología para nanoproductos; para la última variable que integra esta etapa es el proceso de retroalimentación, teniendo una atracción media con un coeficiente C de 0.44 con la satisfacción del cliente con nanoproductos; también presenta una atracción baja de 0.13 con el nivel de tecnología para nanoproductos.

En esta etapa del modelo es fundamental identificar el costo de la tecnología a utilizar para determinar el costo del nanoproducto, situación que manejan adecuadamente los centros de investigación de nanotecnología, aunque el nivel de la tecnología puede variar; en los centros de investigación es muy común hacer retroalimentaciones para mejorar los productos que están desarrollando Kline y Rosenberg (1984) recomienda que este se lleve a cabo en cada etapa del proceso situación que los centros de investigación realizan cuando el producto presenta deficiencias o para mejorarlos y algunos otros si lo hacen en cada etapa.

La variable usuario final del producto pertenece a la etapa de distribución y venta del Modelo de Kline, la atracción que presenta esta variable es baja con un coeficiente C de 0.21, como ya se mencionó anteriormente los centros de investigación no llevan a cabo estas actividades de comercialización.

Para la etapa de conocimiento que considera la variable conexión entre investigación e invención presenta distintas atracciones; entre las bajas con el uso del nanoproducto de 0.05, servicio que ofrece el nanoproducto con 0.04, costo del nanoproducto con 0.06 y nanoproductos para mercados emergentes con 0.07; presenta variables con atracciones medias como nivel del nanoproducto con 0.55, nivel de tecnología para nanoproductos 0.60, costo de la tecnología para nanoproductos con 0.42 y nanoproductos patentados con 0.58; esta etapa del Modelo es medular en todo el proceso de innovación debido a que se recurre a todo el conocimiento humano interno y externo y en caso de no tener el conocimiento

deseado se recurre a la investigación (Kline y Rosenberg, 1986). Las variables de las características de la innovación disruptiva del uso del nanoproducto, servicio que ofrece, el costo y nanoproductos para mercados emergentes se atienden en otras etapas del Modelo.

En la etapa de investigación a la que pertenece la conexión entre mercado y la investigación presenta atracciones bajas con el uso del nanoproducto con 0.14, servicio que ofrece el nanoproducto con 0.17 y costo del nanoproducto con 0.11, al igual que para los nanoproductos con derechos de autor con 0.20 y nanoproductos con marcas comerciales con 0.21.

Para esta etapa del Modelo ya se debe de tener un resultado del proyecto, pero se interactúa con la investigación para complementarlo; en este camino es probable el contacto directo entre el mercado y la investigación, solo que para el caso de los centros de investigación no es tan viable esta etapa en virtud de las actividades que se desarrollan.

En cuanto a las características de la innovación disruptiva la variable más destacada es la del costo del nanoproducto que presenta una atracción media con un coeficiente C de 0.62, los resultados de las demás variables son de atracción baja, lo que confirma que se consideran este tipo de características en los procesos de innovación de los centros de investigación de nanotecnología.

Tabla 44

*Evaluación de las etapas del Modelo de Enlaces en Cadena de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva en los Centros de Investigación*

| Características de la innovación disruptiva | Uso del nanoproducto | Servicio que ofrece el nanoproducto | Costo del nanoproducto | Nanoproductos para mercados emergentes | Nivel del nanoproducto | Satisfacción del cliente con nanoproductos | Nivel de tecnología para nanoproductos | Costo de la tecnología para nanoproductos | Nanoproductos patentados | Nanoproductos con derechos de autor | Nanoproductos con marcas comerciales |
|---------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Mercado potencial                           |                      |                                     |                        |                                        |                        |                                            |                                        |                                           |                          |                                     |                                      |
| Necesidad de innovar                        | 20 (0.35)            | 17 (0.19)                           | 25 (0.57)              | 0                                      | 0                      | 0                                          | 0                                      | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Innovación dirigida                         | 0                    | 0                                   | 0                      | 5 (0.07)                               | 0                      | 0                                          | 0                                      | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Beneficios                                  | 0                    | 0                                   | 0                      | 7 (0.07)                               | 0                      | 0                                          | 0                                      | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Invento y/o diseño analítico                |                      |                                     |                        |                                        |                        |                                            |                                        |                                           |                          |                                     |                                      |
| Desarrollo de productos                     | 18 (0.15)            | 16 (0.11)                           | 30 (0.47)              | 0                                      | 16 (0.11)              | 0                                          | 22 (0.34)                              | 39 (0.54)                                 | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Proceso de nanotecnología                   | 0                    | 0                                   | 0                      | 13 (0.08)                              | 0                      | 0                                          | 1 (0.01)                               | 15 (0.12)                                 | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Diseño detallado y prueba                   |                      |                                     |                        |                                        |                        |                                            |                                        |                                           |                          |                                     |                                      |
| Propósito de prototipos                     | 1 (0.01)             | 0                                   | 1 (0.01)               | 0                                      | 0                      | 29 (0.40)                                  | 21 (0.34)                              | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Principales innovaciones                    | 0                    | 0                                   | 0                      | 18 (0.18)                              | 0                      | 0                                          | 0                                      | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Rediseño y producción                       |                      |                                     |                        |                                        |                        |                                            |                                        |                                           |                          |                                     |                                      |
| Finalidad del rediseño                      | 0                    | 0                                   | 37 (0.44)              | 0                                      | 0                      | 0                                          | 24 (0.36)                              | 33 (0.52)                                 | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Existe retroalimentación                    | 1 (0.01)             | 0                                   | 1 (0.01)               | 0                                      | 0                      | 5 (0.22)                                   | 17 (0.24)                              | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Proceso de retroalimentación                | 0                    | 0                                   | 0                      | 0                                      | 0                      | 28 (0.44)                                  | 11 (0.13)                              | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Distribución y venta                        |                      |                                     |                        |                                        |                        |                                            |                                        |                                           |                          |                                     |                                      |
| Usuario final del producto                  | 0                    | 0                                   | 0                      | 1 (0.01)                               | 0                      | 15 (0.21)                                  | 0                                      | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Servicios que ofrecen                       | 0                    | 0                                   | 0                      | 0                                      | 0                      | 0                                          | 0                                      | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |

| Características de la innovación disruptiva | Uso del nanoproducto | Servicio que ofrece el nanoproducto | Costo del nanoproducto | Nanoproductos para mercados emergentes | Nivel del nanoproducto | Satisfacción del cliente con nanoproductos | Nivel de tecnología para nanoproductos | Costo de la tecnología para nanoproductos | Nanoproductos patentados | Nanoproductos con derechos de autor | Nanoproductos con marcas comerciales |
|---------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Conocimiento                                |                      |                                     |                        |                                        |                        |                                            |                                        |                                           |                          |                                     |                                      |
| Conexión entre investigación e invención    | 14 (0.05)            | 10 (0.04)                           | 18 (0.06)              | 18 (0.07)                              | 42 (0.55)              | 0                                          | 48 (0.60)                              | 31 (0.42)                                 | 46 (0.58)                | 0                                   | 0                                    |
| Investigación                               |                      |                                     |                        |                                        |                        |                                            |                                        |                                           |                          |                                     |                                      |
| Tipo de investigación                       | 0                    | 0                                   | 0                      | 0                                      | 0                      | 0                                          | 0                                      | 0                                         | 2 (0.04)                 | 0                                   | 0                                    |
| Conexión entre mercado y la investigación   | 13 (0.14)            | 11 (0.17)                           | 12 (0.11)              | 0                                      | 0                      | 0                                          | 0                                      | 0                                         | 0                        | 16 (0.20)                           | 16 (0.21)                            |
| Tipo de innovación que generan              | 48 (0.61)            | 37(0.50)                            | 30 (0.42)              | 20 (0.34)                              | 0                      | 2 (0.02)                                   | 1 (0.01)                               | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Enfoque de proyectos de investigación       | 0                    | 0                                   | 0                      | 7 (0.07)                               | 0                      | 0                                          | 0                                      | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Descripción de colaboraciones científicas   | 0                    | 0                                   | 0                      | 2 (0.02)                               | 0                      | 0                                          | 0                                      | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Características de la innovación disruptiva |                      |                                     |                        |                                        |                        |                                            |                                        |                                           |                          |                                     |                                      |
| Uso del nanoproducto                        | 0                    | 22 (0.23)                           | 20(0.35)               | 1 (0.01)                               | 9 (0.09)               | 0                                          | 5 (0.04)                               | 1 (0.01)                                  | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Servicio que ofrece el nanoproducto         | 22 (0.23)            | 0                                   | 20 (0.18)              | 0                                      | 0                      | 0                                          | 1 (0.01)                               |                                           | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Costo del nanoproducto                      | 49 (0.62)            | 20 (0.18)                           | 0                      | 1 (0.01)                               | 18 (0.17)              | 0                                          | 12 (0.09)                              | 2 (0.02)                                  | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Nanoproductos para mercados emergentes      | 1 (0.01)             | 0                                   | 1 (0.01)               | 0                                      | 0                      | 0                                          | 0                                      | 0                                         | 1 (0.01)                 | 1 (0.01)                            | 1 (0.01)                             |
| Nivel del nanoproducto                      | 9 (0.09)             | 0                                   | 18 (0.17)              | 0                                      | 0                      | 4 (0.04)                                   | 6 (0.06)                               | 2 (0.03)                                  | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Satisfacción del cliente con nanoproductos  | 0                    | 0                                   | 0                      | 0                                      | 4 (0.04)               | 0                                          | 5 (0.04)                               | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Nivel de tecnología para nanoproductos      | 5 (0.04)             | 1 (0.01)                            | 12 (0.09)              | 0                                      | 6 (0.06)               | 5 (0.04)                                   | 0                                      | 13 (0.16)                                 | 0                        | 0                                   | 0                                    |
| Costo de la tecnología para nanoproductos   | 1 (0.01)             | 0                                   | 2 (0.02)               | 0                                      | 2 (0.03)               | 0                                          | 13 (0.16)                              | 0                                         | 0                        | 0                                   | 0                                    |

| Características de la innovación disruptiva | Uso del nanoproducto | Servicio que ofrece el nanoproducto | Costo del nanoproducto | Nanoproductos para mercados emergentes | Nivel del nanoproducto | Satisfacción del cliente con nanoproductos | Nivel de tecnología para nanoproductos | Costo de la tecnología para nanoproductos | Nanoproductos patentados | Nanoproductos con derechos de autor | Nanoproductos con marcas comerciales |
|---------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Nanoproductos patentados                    | 0                    | 0                                   | 0                      | 1 (0.01)                               | 0                      | 0                                          | 0                                      | 0                                         | 0                        | 7 (0.16)                            | 6 (0.13)                             |
| Nanoproductos con derechos de autor         | 0                    | 0                                   | 0                      | 1 (0.01)                               | 0                      | 0                                          | 0                                      | 0                                         | 7 (0.16)                 | 0                                   | 8 (0.18)                             |
| Nanoproductos con marcas comerciales        | 0                    | 0                                   | 0                      | 1 (0.01)                               | 0                      | 0                                          | 0                                      | 0                                         | 6 (0.13)                 | 8 (0.18)                            | 0                                    |

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

Es importante mencionar que esta evaluación se realizó en una primera instancia con cada una de las etapas del Modelo de Kline y las características de la innovación disruptiva y que no existe una correlación total (ver tabla 45) ya que de un total de 319 posibles datos solo se obtienen 98 los cuales muestran diferentes correlaciones o grados de atracción.

Tabla 45

*Número de Correlaciones obtenidas para Evaluar el Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva*

| Elementos del Modelo         | No. De relaciones con las variables de las características de la innovación disruptiva |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Mercado potencial            | 5                                                                                      |
| Invento y/o diseño analítico | 9                                                                                      |
| Diseño detallado y prueba    | 5                                                                                      |
| Rediseño y producción        | 9                                                                                      |
| Distribución y venta         | 2                                                                                      |
| Conocimiento                 | 8                                                                                      |
| Investigación                | 14                                                                                     |
| Innovación disruptiva        | 46                                                                                     |
| <b>Total</b>                 | <b>98</b>                                                                              |

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

Por otro lado, también se realizó una evaluación de las actividades que llevan a cabo los centros de investigación en relación con el Modelo de Kline y las características de la innovación disruptiva, en la tabla 46 se presentan las correlaciones obtenidas de estas variables.

Inicialmente en la etapa de mercado potencial se presenta con una atracción media de la necesidad de innovar de 0.57 con el desarrollo de productos, esta necesidad de innovar surge de ideas que deben de encajar con el mercado potencial y estas ideas se deben de ver reflejadas en cada una de las características de los productos que se van a desarrollar.

Destaca la variable desarrollo de productos perteneciente a la etapa de invento y/o diseño analítico debido a que presenta una atracción media de 0.61 con la variable de conexión entre investigación e invención; cualquier situación que surja en la cadena central de innovación se debe de resolver es esta conexión debido a la cantidad de conocimientos que

se tiene, en caso de que no se emprende la investigación, situación que se desarrolla ampliamente en los centros de investigación.

De la etapa de diseño detallado y prueba la variable propósito de prototipos presenta una atracción media con desarrollo de productos, siendo esta parte del primer trayecto del Modelo esta variable busca la prueba y error de los productos a fin de mejorarlos y satisfacer al cliente final.

Para la etapa del rediseño y producción los resultados que se presentan son valores de atracciones bajas en cada una de sus variables (ver tabla 45), Kline y Rosenberg (1986) explican claramente que este es el segundo trayecto en el Modelo y que se debe de realizar en cada etapa del proceso con su fase previa, algunos centros de investigación lo llevan a cabo de esa manera aunque no explican claramente en qué etapa del proceso de innovación lo llevan a cabo y si lo hacen con la etapa previa, también explican que la retroalimentación la llevan a cabo cuando el producto presenta deficiencias, por lo que es necesario clarificar y ordenar adecuadamente los pasos a seguir en esta etapa.

Para la etapa de distribución y venta, la cual está conformada por la variable usuario final del producto las atracciones que se presentan son bajas, lo anterior se debe a que las actividades que Kline y Rosenberg recomiendan que se lleven a cabo en esta etapa no se concretan, debido a que los centros de investigación y no están familiarizados con estas actividades de comercialización de productos.

Para la variable de conexión entre investigación e invención perteneciente a la etapa de conocimiento destaca la atracción media que presenta con nanoproductos patentados con un coeficiente C de 0.61, esto es en el caso de que en esta etapa se logre llegar al invento (Kline y Rosenberg, 1986), los productos deben de ser patentados.

De la etapa de investigación destaca la variable de conexión entre mercado y la investigación, presenta una atracción moderada de 0.43 con desarrollo de productos, de acuerdo con Kline y Rosenberg (1986) esta etapa hace una conexión directa con la comercialización y la investigación, con el propósito de seguir mejorando los productos con ayuda del consumidor, situación que no es muy viable para los centros de investigación debido que no se tiene ese contacto directo con el mercado.

Tabla 46

*Evaluación de la información de los Centros de Investigación de Nanotecnología, las Etapas del Modelo de Kline y las características de la Innovación Disruptiva*

|     | 101 | 102 | 201         | 202        | 203         | 301         | 302         | 401         | 402          | 501         | 502         | 503         | 601        | 602         | 701         | 801         | 802         | 803         | 804         | 805        | 901         | 902         | 903         | 904         | 905         | 906         | 907         | 908         | 909         | 910         | 911         |   |
|-----|-----|-----|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|
| 101 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0            | 0           | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |   |
| 102 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0            | 0           | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |   |
| 201 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0           | 47-<br>0.57 | 0           | 0           | 0            | 0           | 0           | 0           | 0          | 0           | 1-<br>0.00  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0          | 18-<br>0.15 | 17-<br>0.19 | 19-<br>0.14 | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |   |
| 202 | 0   | 0   | 0           | 0          | 8-<br>0.15  | 0           | 3-<br>0.05  | 0           | 0            | 0           | 0           | 1-<br>0.02  | 0          | 0           | 3-<br>0.01  | 0           | 0           | 1-<br>0.02  | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 5-<br>0.07  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |   |
| 203 | 0   | 0   | 0           | 8-<br>0.15 | 0           | 6-<br>0.04  | 11-<br>0.08 | 0           | 11-<br>0.23  | 0           | 0           | 0           | 0          | 7-<br>0.08  | 7-<br>0.03  | 0           | 0           | 0           | 0           | 1-<br>0.02 | 0           | 0           | 0           | 7-<br>0.07  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |   |
| 301 | 0   | 0   | 35-<br>0.45 | 0          | 6-<br>0.09  | 0           | 21-<br>0.18 | 0           | 10-<br>0.013 | 0           | 0           | 9-<br>0.06  | 0          | 4-<br>0.02  | 76-<br>0.61 | 0           | 0           | 0           | 0           | 0          | 12-<br>0.25 | 12-<br>0.21 | 42-<br>0.57 | 0           | 16-<br>0.23 | 0           | 22-<br>0.26 | 19-<br>0.24 | 0           | 0           | 0           |   |
| 302 | 0   | 0   | 0           | 3-<br>0.02 | 11-<br>0.08 | 21-<br>0.10 | 0           | 0           | 32-<br>0.24  | 0           | 0           | 1-<br>0.01  | 0          | 17-<br>0.12 | 32-<br>0.41 | 1-<br>0.01  | 1-<br>0.01  | 1-<br>0.01  | 31-<br>0.26 | 3-<br>0.02 | 0           | 0           | 0           | 13-<br>0.08 | 0           | 0           | 1-<br>0.01  | 15-<br>0.12 | 0           | 0           | 0           |   |
| 401 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0           | 32-<br>0.46 | 0           | 0           | 0            | 0           | 10-<br>0.27 | 9-<br>0.23  | 9-<br>0.24 | 0           | 15-<br>0.26 | 14-<br>0.23 | 0           | 0           | 0           | 0          | 1-<br>0.01  | 0           | 1-<br>0.01  | 0           | 0           | 9-<br>0.20  | 1-<br>0.01  | 0           | 0           | 0           | 0           |   |
| 402 | 0   | 0   | 0           | 0          | 11-<br>0.13 | 5-<br>0.03  |             | 0           | 0            | 0           | 0           | 0           | 0          | 1-<br>0.01  | 26-<br>0.31 | 0           | 12-<br>0.01 | 1-<br>0.01  | 4-<br>0.04  | 0          | 0           | 0           | 0           | 18-<br>0.38 | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |   |
| 501 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0           | 21-<br>0.15 | 11-<br>0.08 | 0           | 0            | 0           | 0           | 9-<br>0.24  | 0          | 0           | 20-<br>0.09 | 0           | 0           | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 1-<br>0.01  | 0           | 0           | 0           | 14-<br>0.26 | 13-<br>0.22 | 0           | 0           | 0           |   |
| 502 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 10-<br>0.27 | 0            | 0           | 0           | 9-<br>0.27  | 9-<br>0.28 | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0          | 1-<br>0.01  | 0           | 1-<br>0.01  | 0           | 0           | 9-<br>0.12  | 1-<br>0.01  | 0           | 0           | 0           | 0           |   |
| 503 | 0   | 0   | 0           | 1-<br>0.02 | 0           | 9-<br>0.06  | 1-<br>0.01  | 9-<br>0.23  | 0            | 9-<br>0.14  | 9-<br>0.17  | 0           | 9-<br>0.16 | 0           | 17-<br>0.07 | 0           | 1-<br>0.01  | 1-<br>0.01  | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 11-<br>0.24 | 11-<br>0.23 | 0           | 0           | 0           | 0           |   |
| 601 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 9-<br>0.24  | 0            | 0           | 9-<br>0.18  | 9-<br>0.16  | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 11-<br>0.33 | 0           | 15-<br>0.31 | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |   |
| 602 | 0   | 0   | 0           | 0          | 7-<br>0.08  | 4-<br>0.02  | 17-<br>0.22 | 0           | 1-<br>0.01   | 0           | 0           | 0           | 0          | 0           | 6-<br>0.02  | 0           | 1-<br>0.01  | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0 |
| 701 | 0   | 0   | 1-<br>0.00  | 3-<br>0.01 | 7-<br>0.03  | 56-<br>0.61 | 32-<br>0.41 | 15-<br>0.06 | 26-<br>0.19  | 20-<br>0.09 | 0           | 17-<br>0.07 | 0          | 6-<br>0.02  | 0           | 29-<br>0.34 | 3-<br>0.01  | 22-<br>0.30 | 42-<br>0.55 | 9-<br>0.04 | 14-<br>0.05 | 10-<br>0.04 | 18-<br>0.06 | 18-<br>0.07 | 7-<br>0.03  | 6-<br>0.02  | 38-<br>0.46 | 21-<br>0.12 | 56-<br>0.61 | 0           | 0           |   |
| 801 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0           | 0           | 1-<br>0.01  | 14-<br>0.23 | 0            | 0           | 0           | 0           | 0          | 0           | 29-<br>0.34 | 0           | 0           | 2-<br>0.03  | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 2-<br>0.04  | 0           | 0 |
| 802 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0           | 31-<br>0.43 | 1-<br>0.01  | 0           | 12-<br>0.21  | 0           | 0           | 1-<br>0.01  | 0          | 1-<br>0.01  | 3-<br>0.01  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0          | 1-<br>0.01  | 1-<br>0.01  | 1-<br>0.01  | 16-<br>0.14 | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 16-<br>0.20 | 16-<br>0.21 |   |
| 803 | 0   | 0   | 0           | 1-<br>0.02 | 0           | 0           | 1-<br>0.01  | 0           | 1-<br>0.01   | 0           | 0           | 1-<br>0.01  | 0          | 0           | 22-<br>0.30 | 2-<br>0.03  | 0           | 0           | 0           | 0          | 13-<br>0.24 | 11-<br>0.27 | 12-<br>0.21 | 0           | 0           | 2-<br>0.02  | 1-<br>0.01  | 0           | 0           | 0           | 0           |   |
| 804 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0           | 0           | 0           | 0           | 4-<br>0.04   | 0           | 0           | 0           | 0          | 0           | 32-<br>0.45 | 0           | 0           | 0           | 0           | 6-<br>0.11 | 0           | 0           | 0           | 7-<br>0.07  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0 |
| 805 | 0   | 0   | 0           | 0          | 1-<br>0.02  | 0           | 3-<br>0.02  | 0           | 0            | 0           | 0           | 0           | 0          | 0           | 9-<br>0.04  | 0           | 0           | 0           | 6-<br>0.11  | 0          | 0           | 0           | 0           | 2-<br>0.02  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0 |
| 901 | 0   | 0   | 18-<br>0.25 | 0          | 0           | 26-<br>0.35 | 0           | 1-<br>0.01  | 0            | 0           | 1-<br>0.01  | 0           | 0          | 0           | 14-<br>0.05 | 0           | 1-<br>0.01  | 13-<br>0.24 | 0           | 0          | 0           | 22-<br>0.33 | 49-<br>0.53 | 1-<br>0.01  | 9-<br>0.09  | 0           | 5-<br>0.04  | 1-<br>0.01  | 0           | 0           | 0           |   |

|     | 101 | 102 | 201         | 202        | 203        | 301         | 302         | 401        | 402         | 501         | 502        | 503         | 601         | 602 | 701         | 801        | 802         | 803         | 804        | 805        | 901         | 902         | 903         | 904        | 905         | 906        | 907          | 908         | 909        | 910        | 911        |
|-----|-----|-----|-------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-----|-------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------|-------------|------------|------------|------------|
| 902 | 0   | 0   | 17-<br>0.22 | 0          | 0          | 16-<br>0.21 | 0           | 0          | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0   | 10-<br>0.04 | 0          | 1-<br>0.01  | 11-<br>0.23 | 0          | 0          | 22-<br>0.33 | 0           | 20-<br>0.30 | 0          | 0           | 0          | 1-<br>0.01   | 0           | 0          | 0          | 0          |
| 903 | 0   | 0   | 19-<br>0.24 | 0          | 0          | 30-<br>0.37 | 0           | 1-<br>0.01 | 0           | 1-<br>0.01  | 1-<br>0.01 | 0           | 0           | 0   | 18-<br>0.06 | 0          | 1-<br>0.01  | 12-<br>0.21 | 0          | 0          | 49-<br>0.59 | 20-<br>0.28 | 0           | 1-<br>0.01 | 18-<br>0.27 | 0          | 12-<br>0.09  | 2-<br>0.02  | 0          | 0          | 0          |
| 904 | 0   | 0   | 0           | 5-<br>0.07 | 7-<br>0.07 | 0           | 13-<br>0.08 | 0          | 18-<br>0.28 | 0           | 0          | 0           | 11-<br>0.23 | 0   | 18-<br>0.07 | 0          | 16-<br>0.24 | 0           | 7-<br>0.07 | 2-<br>0.02 | 1-<br>0.01  | 0           | 1-<br>0.01  | 0          | 0           | 0          | 0            | 0           | 1-<br>0.01 | 1-<br>0.01 | 1-<br>0.01 |
| 905 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0          | 16-<br>0.21 | 0           | 0          | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0   | 7-<br>0.03  | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 9-<br>0.09  | 0           | 18-<br>0.27 | 0          | 0           | 4-<br>0.04 | 6-<br>0.06   | 2-<br>0.03  | 0          | 0          | 0          |
| 906 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0          | 0           | 0           | 9-<br>0.20 | 0           | 0           | 9-<br>0.12 | 11-<br>0.24 | 15-<br>0.31 | 0   | 6-<br>0.02  | 0          | 0           | 2-<br>0.02  | 0          | 0          | 0           | 0           | 0           | 0          | 4-<br>0.04  | 0          | 5-<br>0.04   | 0           | 0          | 0          | 0          |
| 907 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0          | 22-<br>0.34 | 1-<br>0.01  | 1-<br>0.01 | 0           | 14-<br>0.26 | 1-<br>0.01 | 11-<br>0.23 | 0           | 0   | 38-<br>0.46 | 0          | 0           | 1-<br>0.01  | 0          | 0          | 5-<br>0.04  | 1-<br>0.01  | 12-<br>0.09 | 0          | 6-<br>0.06  | 5-<br>0.04 | 0            | 13-<br>0.16 | 0          | 0          | 0          |
| 908 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0          | 19-<br>0.24 | 15-<br>0.22 | 0          | 0           | 13-<br>0.22 | 0          | 0           | 0           | 0   | 21-<br>0.09 | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 1-<br>0.01  | 0           | 2-<br>0.02  | 0          | 2-<br>0.03  | 0          | 13-<br>0.016 | 0           | 0          | 0          | 0          |
| 909 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0   | 11-<br>0.05 | 2-<br>0.04 | 0           | 0           | 0          | 0          | 0           | 0           | 0           | 1-<br>0.01 | 0           | 0          | 0            | 0           | 0          | 7-<br>0.16 | 6-<br>0.13 |
| 910 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0   | 0           | 0          | 16-<br>0.30 | 0           | 0          | 0          | 0           | 0           | 0           | 1-<br>0.01 | 0           | 0          | 0            | 0           | 7-<br>0.16 | 0          | 8-<br>0.18 |
| 911 | 0   | 0   | 0           | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0          | 0           | 0           | 0   | 0           | 0          | 16-<br>0.30 | 0           | 0          | 0          | 0           | 0           | 0           | 1-<br>0.01 | 0           | 0          | 0            | 0           | 6-<br>0.13 | 8-<br>0.18 | 0          |

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

Esta segunda evaluación se realizó con las actividades de los centros de investigación, con cada una de las etapas del Modelo de Kline y con las características de la innovación disruptiva; no existiendo una correlación total (ver tabla 47) los datos que se presentan 291 de un total de 961 los cuales muestran diferentes correlaciones o grados de atracción.

Tabla 47

*Número de Correlaciones obtenidas para Evaluar los Centros de Investigación, las etapas del Modelo de Kline y las Características de la Innovación Disruptiva*

| Elementos del Modelo                        | Número de correlaciones de los centros de investigación con los elementos del Modelo de Kline y las características de la innovación disruptiva |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estructura organizacional                   | 0                                                                                                                                               |
| Mercado potencial                           | 19                                                                                                                                              |
| Invento y/o diseño analítico                | 28                                                                                                                                              |
| Diseño detallado y prueba                   | 18                                                                                                                                              |
| Rediseño y producción                       | 26                                                                                                                                              |
| Distribución y venta                        | 11                                                                                                                                              |
| Conocimiento                                | 24                                                                                                                                              |
| Investigación                               | 67                                                                                                                                              |
| Características de la innovación disruptiva | 98                                                                                                                                              |
| Total                                       | 291                                                                                                                                             |

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

#### 5.2.4 Análisis Reticular de los Centros de Investigación de Nanotecnología en México

Las aproximaciones del análisis reticular de los centros de investigación de nanotecnología muestran la relación existente entre los enunciados explícitos o latentes mostrando la similitud de la información proporcionada. El análisis permitió descubrir en un primer momento una evaluación positiva de la relación existente entre los centros de investigación, el modelo de Kline y las características de la innovación disruptiva.

Los resultados obtenidos indican la existencia de áreas específicas que lideran los proyectos en los centros de innovación de nanotecnología siendo el área de materiales, mayormente citado lo anterior es relevante debido a lo que sugiere Kline (1985) quien argumenta la

necesidad de contar con un departamento específico de I+D para el diseño de productos con nanotecnología (ver figura 51).

Figura 51

*Estructura Organizacional de los Centros de Investigación*



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

El Modelo de Kline representa el vínculo posible entre la investigación y la fase de invención, dando esto sentido de que la nueva ciencia podría hacer posible la creación de innovaciones radicales, por lo tanto el tipo de innovación que generan los centros de investigación de acuerdo con Kline y Rosenberg (1986) es radical o incremental; en la figura 52 se observa que al indagar con los centros de investigación sobre este tema coinciden con Kline y Rosenberg, pero también hacen mención sobre generar innovación disruptiva.



número de publicaciones que tienen en los últimos 5 años, número de proyectos de investigación preferentemente que estén enfocados a la nanotecnología; por otro lado, la importancia de contar con personal con niveles de especialización y capacitación permanente; otro factor fundamental para determinar si el centro ha desarrollado sus mejores resultados es si este cuenta con productos elaborados con nanotecnología y si estos se encuentran ya en el mercado, de igual forma la importancia de las colaboraciones científicas que hayan desarrollado.

Los resultados indican que de forma general todos los centros de investigación siguen las trayectorias sugeridas por el Modelo de Kline; encontrándose que los centros 5,6,7, 13 y 15 cuentan con las características solicitadas por lo que destacan en la generación y desarrollo de productos con nanotecnología propiciando la I + D + i.

En la tabla 48 se han destacado los centros de investigación de nanotecnología que han logrado los mejores resultados en cuanto al desarrollo de sus actividades; en el centro de investigación número 5 cuentan con 10 líneas de investigación, 50 publicaciones en los últimos 5 años, trabajan con 5 proyectos de investigación y todos están enfocados a la nanotecnología, operan como grupos de investigación y cuentan con 10 colaboraciones científicas; el grado de especialización de su personal es muy bueno debido a que cuentan con 87 doctores que son capacitados dos veces al año lo que les ha permitido desarrollar productos con nanotecnología y que estos se encuentren en el mercado, estos productos se enfocan principalmente en el sector automotriz, sector alimentario y el de la construcción.

En el centro de investigación número 6 se tienen 15 líneas de investigación, 40 publicaciones en los últimos 5 años, trabajan con 15 proyectos de investigación y todos están enfocados a la nanotecnología, operan como grupos de investigación y cuentan con 20 colaboraciones científicas nacionales e internacionales; el grado de especialización de su personal es de 15 investigadores con grado de doctor y 10 investigadores con grado de maestría; mismos que reciben capacitación dos veces al año lo que les ha permitido desarrollar productos con nanotecnología y que estos se encuentren en el mercado, los productos que desarrolla este centro de investigación está dirigido principalmente al sector salud, textil automotriz, aeroespacial, petroquímica, eléctrica, alimentaria y farmacéutica.

Otro centro de investigación a destacar es el número 7; en este centro cuentan con 11 líneas de investigación, 35 publicaciones en los últimos años, trabajan con 15 proyectos de investigación de los cuales 10 están enfocados a la nanotecnología, tienen 15 colaboraciones científicas nacionales e internacionales, también colaboran como grupos de investigación; en lo que respecta al rubro sobre el talento humano se encuentra conformado por 5 investigadores con posdoctorado y 20 doctores y reciben capacitación dos veces al año, lo que los ha llevado al desarrollo de productos con nanotecnología que ya se encuentran en el mercado; estos productos se enfocan principalmente hacia el sector salud y medio ambiente.

Otro de los centros de investigación más completo es el número 13, para el caso correspondiente a la investigación cuentan con 6 líneas de investigación, 20 publicaciones en los últimos años, trabajan con 6 proyectos de investigación de los cuales 5 son de nanotecnología, tienen 15 colaboraciones científicas nacionales e internacionales y colaboran como grupos de investigación; en lo que respecta al rubro del personal se encuentra conformado por 46 investigadores de los cuales 38 tienen el grado de doctor, 4 cuentan con el grado de maestría, 4 cuentan con la licenciatura; todo el personal del centro de investigación recibe capacitación dos veces al año, por lo que han logrado desarrollar productos con nanotecnología y que ya se encuentran en el mercado, estos productos se enfocan principalmente hacia el sector automotriz.

El último centro de investigación que más completo es el número 15, el cual cuenta con 8 líneas de investigación, han realizado 30 publicaciones en los últimos años, trabajan con 20 proyectos de investigación de los cuales 17 son de nanotecnología, tienen 12 colaboraciones científicas nacionales y operan como grupos de investigación, el talento humano con el que cuentan es de 31 investigadores, de los cuales 21 tienen el grado de doctor y 10 con el grado de maestría, reciben capacitación 2 veces al año y han desarrollado productos con nanotecnología mismos que ya se encuentran en el mercado, específicamente en el sector químico.

Tabla 48

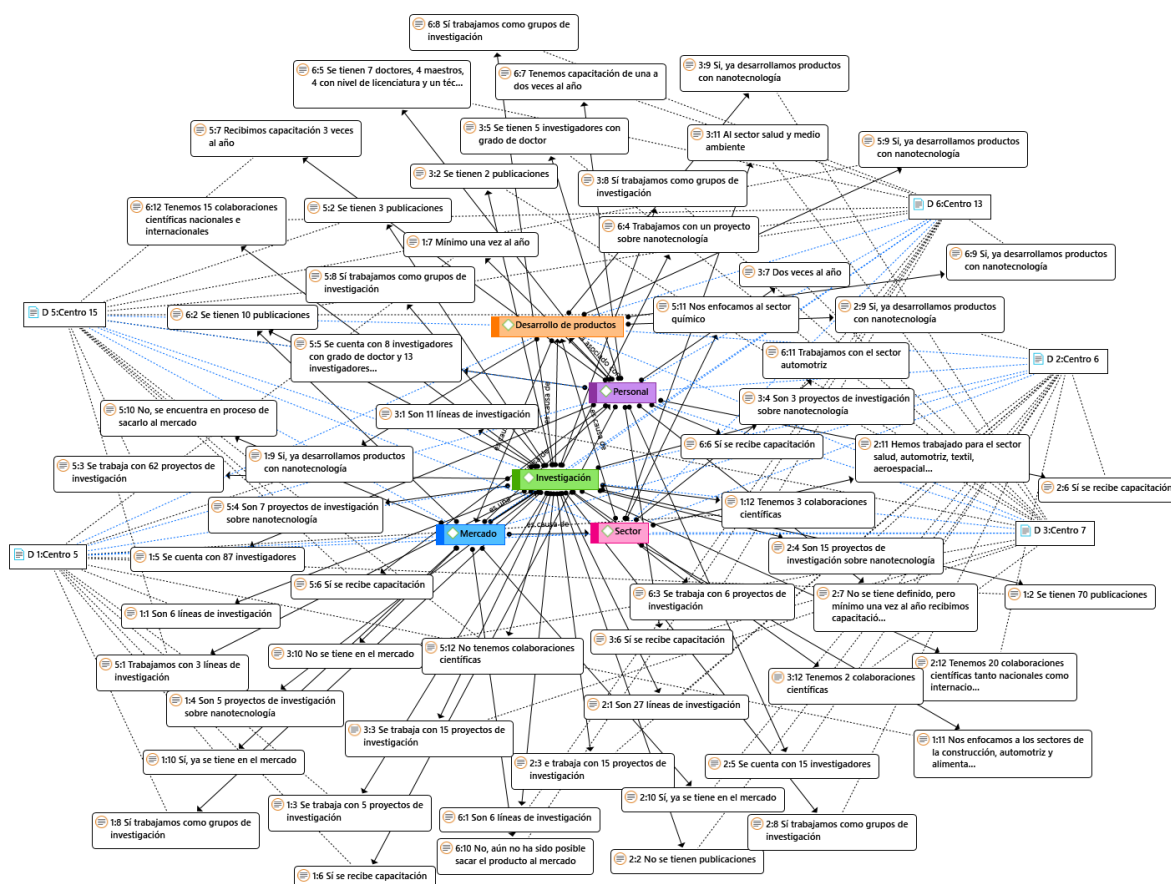
*Comparativo de los Centros de Investigación de Nanotecnología en México de acuerdo a la Información Proporcionada*

| Nombre    | Cantidad de información referente a elementos y variables | Líneas de investigación | Publicaciones | Proyectos de investigación | Proyectos de investigación de nanotecnología | Nivel de estudios |     |    |    | Capacitación |              | GI | Servicios                                  |                       |                                                                                            | Colaboraciones científicas |
|-----------|-----------------------------------------------------------|-------------------------|---------------|----------------------------|----------------------------------------------|-------------------|-----|----|----|--------------|--------------|----|--------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|           |                                                           |                         |               |                            |                                              | Pd                | D   | M  | L  | Reciben      | No. de veces |    | Desarrollo de productos con nanotecnología | Ya está en el mercado | Sector                                                                                     |                            |
| Centro 1  | 211                                                       | 1                       | 1             | 11                         | 1                                            | 1                 | 209 | 27 |    | Si           | 1            | Si | En proceso                                 | No                    | Salud, textil, ambiental                                                                   | 15                         |
| Centro 2  | 176                                                       | 2                       | 1             | 9                          | 1                                            |                   | 36  | 4  |    | Si           | 1            | Si | Si                                         | No                    | Salud                                                                                      | 4                          |
| Centro 3  | 183                                                       | 21                      | 342           | 25                         | 4                                            |                   | 60  | 40 | 14 | Si           | 2            | Si | Si                                         | Si                    | Salud                                                                                      | 0                          |
| Centro 4  | 202                                                       | 0                       | 18            | 18                         | 2                                            |                   | 88  | 21 | 57 | Si           | 2            | Si | Si                                         | No                    | Alimenticio                                                                                | 34                         |
| Centro 5  | 235                                                       | 10                      | 50            | 5                          | 5                                            |                   | 87  |    |    | Si           | 2            | Si | Si                                         | Si                    | Construcción, automotriz, alimentario                                                      | 10                         |
| Centro 6  | 234                                                       | 15                      | 40            | 15                         | 15                                           |                   | 15  | 10 |    | Si           | 2            | Si | Si                                         | Si                    | Salud, textil automotriz, aeroespacial, petroquímica, eléctrica, alimentaria, farmacéutica | 20                         |
| Centro 7  | 243                                                       | 11                      | 35            | 15                         | 10                                           | 5                 | 20  |    |    | Si           | 2            | Si | Si                                         | Si                    | Medio ambiente y salud                                                                     | 15                         |
| Centro 8  | 210                                                       | 9                       | 2             | 9                          | 9                                            |                   | 10  | 1  | 2  | Si           | 3            | Si | Si                                         | Si                    | Salud y automotriz                                                                         | 10                         |
| Centro 9  | 207                                                       | 4                       | 4             | 1                          | 1                                            |                   | 27  |    | 31 | Si           | 2            | Si | Si                                         | No                    | Transporte                                                                                 | 20                         |
| Centro 10 | 194                                                       | 6                       | 0             | 0                          | 0                                            |                   | 11  |    |    | Si           | 1            | Si | No                                         | No                    | Agua potable                                                                               | 31                         |
| Centro 11 | 204                                                       | 19                      | 79            | 79                         | 7                                            | 8                 | 18  | 6  | 1  | Si           | 2            | Si | Si                                         | No                    | Investigación básica                                                                       | 20                         |
| Centro 12 | 210                                                       | 4                       | 0             | 26                         | 3                                            |                   | 10  | 4  | 4  | Si           | 0            | Si | Si                                         | Si                    | Salud                                                                                      | 5                          |
| Centro 13 | 228                                                       | 6                       | 20            | 6                          | 5                                            |                   | 38  | 4  | 4  | Si           | 2            | Si | Si                                         | Si                    | Automotriz                                                                                 | 15                         |
| Centro 14 | 198                                                       | 3                       | 37            | 14                         | 2                                            | 1                 | 19  | 2  |    | Si           | 1            | Si | Si                                         | No                    | Electrónica y salud                                                                        | 6                          |
| Centro 15 | 227                                                       | 3                       | 30            | 40                         | 30                                           |                   | 21  | 10 |    | Si           | 2            | Si | Si                                         | Si                    | Químico                                                                                    | 12                         |
| Centro 16 | 179                                                       | 2                       | 5             | 4                          | 1                                            |                   | 13  |    |    | Si           | 1            | Si | En proceso                                 | No                    | Salud                                                                                      | 56                         |

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida

La información recabada en la tabla 48 se presenta en la figura 53 con la finalidad de observar la cantidad de información analizada y establecer la atracción de la información de los cinco centros de investigación seleccionados.

Figura 53  
*Análisis de los Centros de Investigación con Mejores Resultados*



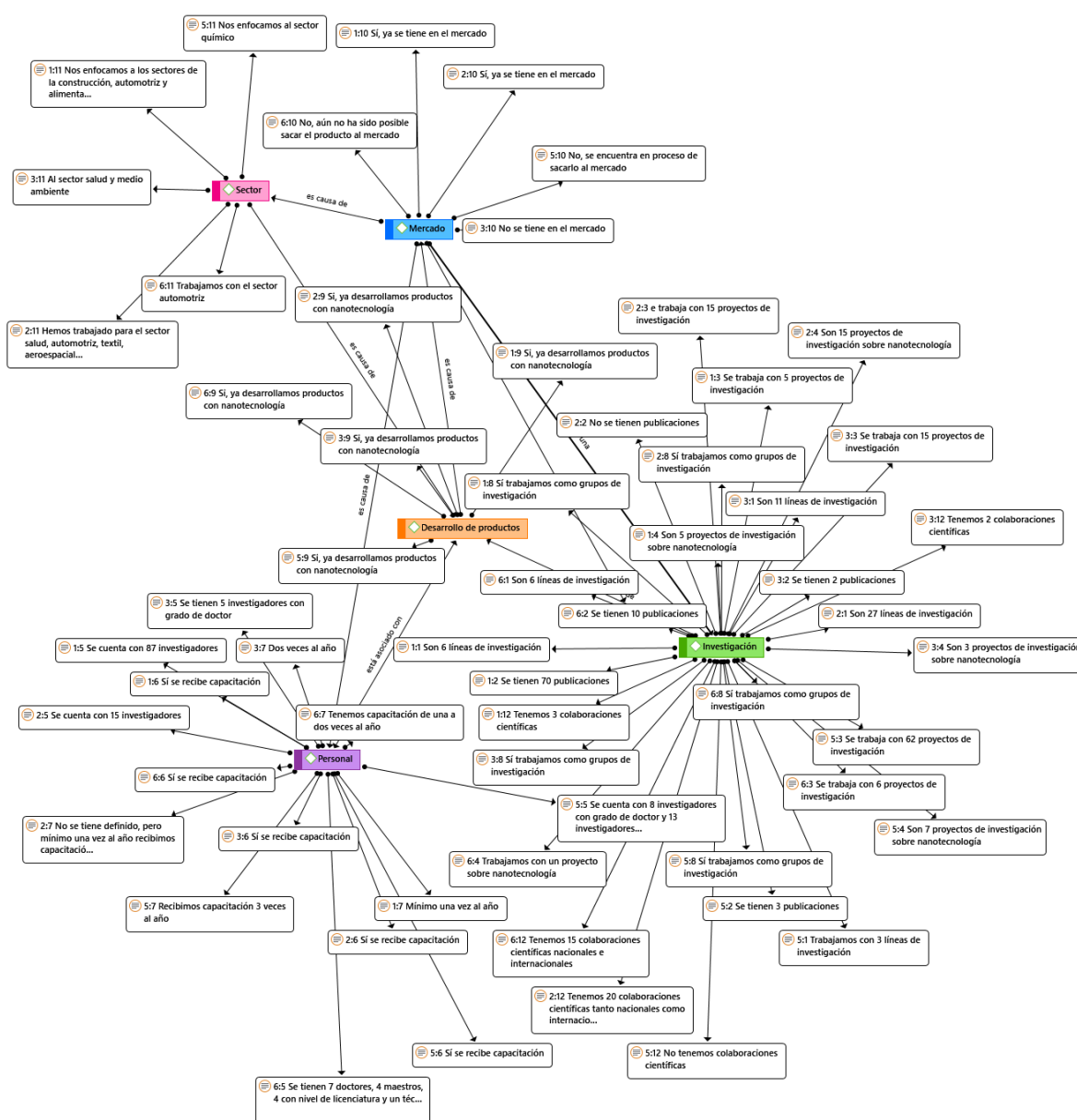
Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

La información que se consideró para determinar a los mejores centros de investigación presentan una atracción muy clara como se puede observar en la figura 54; el contar con personal especializado y que se encuentre permanentemente en capacitación es una garantía de que el trabajo de investigación se lleve a cabo con excelentes resultados, por eso la importancia de identificar las líneas de investigación, los proyectos y las publicaciones que se realizan en cada centro de investigación, de igual forma el grado de especialización del capital humano así como su capacitación permanente es un factor clave para que el personal

de los centros de investigación estén a la vanguardia en el desarrollo productos y que estos se encuentren en el mercado.

Figura 54

*Vinculación análisis de los Centros de Investigación con Mejores Resultados*



Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos del software estadístico ATLAS. ti ver. 8

## CONCLUSIONES, HALLAZGOS Y APORTACIONES

A lo largo de este trabajo de tesis, se han abordado distintos aspectos clave que son fundamentales para el estudio del impacto disruptivo de la nanotecnología en México, para lo anterior fue necesario incluir aportes teóricos sobre innovación, así como su naturaleza, se analizaron también diferentes modelos sobre la concepción del proceso de innovación a fin de determinar la dinámica de la innovación en los centros de investigación de nanotecnología en México.

A continuación, se presentan las conclusiones finales dando respuesta a los objetivos planteados, así como de los resultados obtenidos.

### Del objetivo general

- *Analizar a través del Modelo de Kline, el impacto de la nanotecnología para establecer la disrupción, aplicado a los centros de investigación en México*

Analizar el proceso de innovación a través del Modelo de Kline en los centros de investigación de nanotecnología permite determinar que no existe un solo camino o trayectoria hacia la creación, son acontecimientos que surgen en el desarrollo de las actividades y que buscan adaptarse; estos centros resaltan el hecho de considerar en su proceso la generación de ideas, siendo esta la etapa que aporta la materia prima para el proceso innovador; este modelo se centra también en la generación de innovaciones radicales o incrementales pero que por las características de la tecnología que están implementando es posible generar una innovación disruptiva con la finalidad de establecer la disrupción de la nanotecnología.

Existen aún muchas áreas en el proceso creativo, inventivo e innovador sin explorar, áreas que son terrenos fértiles para seguir investigando y obtener soluciones que beneficien distintas áreas, que aporten procesos y herramientas eficientes al equipo humano para la inventiva, la innovación y la competitividad.

## De los objetivos específicos

- *Identificar los factores, características, e implicaciones de la situación actual de la nanotecnología a partir del análisis de la infraestructura científica tecnológica de las instituciones involucradas en las ramas de la nanotecnología en México*

El proceso de investigación en el campo de la nanotecnología ha iniciado desde el siglo pasado, siendo de gran relevancia en lo que respecta a la elaboración de nuevos productos de tal forma que en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 se consideró como un sector estratégico y una tecnología precursora, lo anterior se debe a la incidencia en el desarrollo de diversas actividades productivas; la infraestructura y el talento humano son las principales fortalezas de esta tecnología, identificadas en los diferentes centros de investigación analizados, los cuales han tenido un incremento a nivel nacional a pesar de la falta de programas nacionales que impulsen y orienten los esfuerzos de diversos grupos de investigación hacia las necesidades nacionales.

No obstante, la nanotecnología en México, se encuentra en un estado incipiente, a pesar de que diversas economías se han abierto a la experimentación, innovación, desarrollo, capacitación y formación de recursos humanos, aunque es un hecho que los países en desarrollo tienen recursos financieros limitados, generando la necesidad de una intervención gubernamental estratégica. Por otro lado, se establecen diferentes estrategias para impulsar el desarrollo de productos y servicios con nanotecnología en los sectores prioritarios de México, para insertarse en un mercado globalizado. Las estrategias incluyen el desarrollo de proyectos entre la ciencia y la producción, orientadas al uso y aplicación de la nanotecnología como herramienta de innovación de los procesos industriales, creando productos y servicios en sectores como; el automotriz, textil, farmacéutico, energético y salud principalmente.

Ante este escenario, México se encuentra en una posición de aprovechar el auge de esta tecnología, debido a que cuenta con capacidades básicas al disponer de 67 centros de investigación, personal especializado y altamente calificado, trabajando con un promedio de 480 líneas y 250 proyectos de investigación.

- *Proponer un marco de análisis a través de la revisión de la literatura para identificar el grado de disrupción de las innovaciones derivadas del uso de la nanotecnología*

Se llevó a cabo un estudio sobre las teorías de la innovación, considerando las aportaciones de los pioneros, de la misma forma se analizaron conceptos de diversos autores, y se presentó la clasificación de la innovación, surgiendo aquí el término de innovación disruptiva, término acuñado por Christensen (1997); siendo este un proceso que sucede en un periodo de tiempo, es decir la innovación disruptiva es un proceso y no un evento.

Una vez teniendo el enfoque de la innovación disruptiva se elabora un marco de análisis sustentado con la teoría analizada y relacionado en la aplicación del desarrollo de los productos elaborados en los centros de investigación de nanotecnología y verificando que las características de la innovación disruptiva se cumplen determinando así si un producto elaborado con nanotecnología es disruptivo.

- *Identificar la dinámica de la innovación de la nanotecnología en los centros de investigación a través del análisis de sus procesos tomando como base un modelo de innovación*

Se realizó un análisis de los modelos de innovación más estudiados en la literatura, con el propósito de identificar el proceso que llevan a cabo los centros de investigación y verificar su relación con las etapas del modelo seleccionado. El Modelo de enlaces en cadena de Kline, además de identificar los puntos de coincidencia con las características de la innovación disruptiva presentadas en el marco de análisis fue el seleccionado debido a que se adapta al proceso de innovación que realizan los centros analizados; permitiendo llevar a cabo una triangulación de la información y comparar los hallazgos existentes en el presente trabajo de investigación y lo establecido en la literatura, asegurando la confidencialidad de la información proporcionada, que sirvió para realizar inferencias estadísticas, que fueron ampliamente abordadas en el capítulo de resultados así como la aportación de un análisis de datos que, de acuerdo con la literatura, no se ha utilizado con anterioridad en investigaciones relacionadas con la nanotecnología y la innovación disruptiva.

## **De los resultados**

Los resultados generales mostraron que los centros de investigación de nanotecnología se encuentran distribuidos en 20 estados de la república, se localizan en Ciudad de México y Querétaro, Nuevo León, San Luis Potosí, Baja California Sur, Chihuahua, Guanajuato,

Yucatán, Aguascalientes, Coahuila, Durango, Jalisco, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Veracruz entre los más destacados.

Los resultados del análisis estadístico mostraron la relación existente entre las variables destacando que, el grado de estudios de las personas que colaboran en los centros de investigación; representa una ventaja competitiva para el desarrollo de la nanotecnología, siendo indispensable contar con personal especializado (Sáenz, 2000).

A partir de la información cuantitativa se identificó el tipo de recurso (federal, estatal o propio) que reciben los centros para el desarrollo de sus actividades, de igual forma los resultados mostraron que el personal recibe capacitación por lo menos una vez al año, como lo establece Sáenz (2000) la capacitación debe ser de forma permanente para enfrentar las continuas innovaciones tecnológicas y así competir en un mercado globalizado con el desarrollo de algún producto con nanotecnología.

También, se observó el número de personas que laboran, así como el número de líneas y proyectos de investigación, destacando que los estados con mayor número de centros de investigación se ubican en la Ciudad de México, Querétaro, Nuevo León y San Luis Potosí, y los centros que manejan el mayor número de proyectos se encuentran en la Ciudad de México, Querétaro, Chihuahua, Sonora y Yucatán. No obstante, el promedio referente al desarrollo de productos con nanotecnología sigue siendo bajo.

Lo anterior confirma que las iniciativas necesarias para el desarrollo científico de la nanotecnología en México requieren de más apoyo siendo una necesidad que el gobierno, las universidades y el sector privado consideren a la comunidad científica en la generación de proyectos interdisciplinarios que fomenten la investigación básica, y en el mediano plazo se concrete la investigación aplicada con productos y patentes en el mercado como lo argumentan Záyago-Lau et al; (2013) respecto al desarrollo nanotecnológico en México se enmarca en un contexto donde el apoyo a la ciencia y tecnología (CT) es limitado.

Lux Research (2004) proponen una clasificación de los productos elaborados con nanotecnología caracterizándolos como: Nanoherramientas, que se refiera al equipo y software para visualizar, manipular y modelar; nanomateriales, estructuras a nanoescala en forma no procesada; nanointermedios, son productos intermedios con características de nanoescala y los productos nanohabilitados, así como los bienes finales que incorporan nanotecnología; productos que siguen siendo un tema pendiente para la comunidad científica debido a que su proceso y desarrollo aún es incipiente.

Los sectores a los que mayormente se dirigen los productos elaborados con nanotecnología son: salud, automotriz, alimentos, ciencia y tecnología, electricidad, electrónica y textil; el sector más dinámico es el sector salud, donde la aplicación de la nanotecnología ha contribuido con el desarrollo y mejora de sistemas y procesos innovadores como el desarrollo y caracterización de jaulas de oro nanométricas para tratamientos de cáncer, materiales antibacteriales en hospitales y equipos de prevención, diagnóstico y tratamiento, creando soluciones médicas que anteriormente eran inimaginables, pero que hoy se convierten en una realidad.

Respecto a los análisis cualitativos se confirma la relación que existe entre el modelo propuesto (Kline) en cada una de sus etapas que se encuentran relacionadas con las etapas que realizan en el proceso de innovación en los centros de investigación en el desarrollo y elaboración de los productos con nanotecnología y que también se encuentran relacionadas con las características de la innovación disruptiva.

## **Hallazgos**

El Modelo propuesto para llevar a cabo esta investigación es un modelo que ha sido aplicado en el ámbito empresarial, a pesar de esto, el Modelo de Kline permitió identificar cada una de las etapas del proceso de innovación en los centros de investigación de nanotecnología, para ello se llevó a cabo una adaptación de cada una de sus etapas, a través de las distintas trayectorias que desarrolla el modelo como tal.

En uno de los trayectos que se describen en el Modelo destaca la conexión entre la investigación y la innovación (Kline y Rosenberg, 1986) confirman el surgimiento de una innovación radical o incremental, de acuerdo a las respuestas obtenidas por los responsables de los centros de investigación esta innovación también puede ser disruptiva.

Por otro lado, Kline (1985) argumenta la necesidad de contar con un departamento específico de I+D para el diseño de productos; los resultados obtenidos indican la existencia de áreas específicas que lideran los proyectos en los centros de innovación de nanotecnología siendo el área de materiales principalmente.

Es necesario resaltar que de acuerdo a los análisis realizados se observó la atracción entre los elementos del Modelo de Kline y sus respectivas variables con las características de la innovación disruptiva a excepción de las variables de nanoproductos con derechos de autor y nanoproductos con marcas comerciales con la variable conexión entre investigación e invención del elemento de conocimiento; Kline y Rosenberg (1986) explican que en el momento en que logre la invención de nuevos productos estos deben de ser patentados; en los centros de investigación no consideran actividades sobre comercialización de los productos que elaboran, por lo tanto no se enfocan a que los nanoproductos deben contar con derechos de autor y deben tener sus marcas comerciales antes de salir al mercado (De Almeida, et. al., 2015 y Nagy, Schuessler y Dubinsky, 2016).

Lo anterior confirma que en esta misma etapa de conexión entre investigación e invención se enfrentan todos los problemas referentes al diseño e invención de los productos de acuerdo a las necesidades del mercado (Kline y Rosenberg (1986); por otro establecen que en la etapa de distribución y venta se deben de considerar las condiciones del mercado así como distintas interacciones entre el producto final y el mercado potencial; solo que en este caso los centros de investigación no realizan actividades de comercialización y al no estar en contacto con el usuario final no identifican claramente las necesidades específicas que estos tienen; los centros de investigación consideran la información proporcionada por las empresas que adquieren los productos que elaboran para llevar a cabo esta etapa.

Finalmente, Kline y Rosenberg (1986) señalan que en la segunda trayectoria del Modelo se enfoca a las diferentes retroalimentaciones que pueden surgir en las distintas etapas del mismo con la finalidad de mejorar el producto de acuerdo a las necesidades del mercado; en el caso de los centros de investigación de nanotecnología no existe atracción de estas variables (existe retroalimentación y conexión entre investigación e invención) porque las actividades que se desarrollan están enfocadas en el conocimiento teórico acumulado que ya se tiene en estos centros de investigación y que tienden a resolver problemas sobre física, biología, química entre otras.

### **Aportaciones**

Este estudio tiene como finalidad explicar la dinámica del proceso de innovación en los centros de investigación de nanotecnología en México y su impacto disruptivo; para dar respuesta a este escenario se destaca la adaptación de Modelo de Kline de enlaces en cadena que se realizó con el propósito de explicar este proceso y su relación con las características de la innovación disruptiva a fin de determinar la disrupción de estos productos en el mercado.

Por otro lado, es importante destacar que la principal aportación a la ciencia de este trabajo de investigación emana de un marco teórico sólido y sustentado, en el cual se profundizó de manera tal que nos llevó a la integración de marco teórico de la innovación disruptiva, tomando en cuenta las distintas características de la innovación disruptiva con la finalidad de determinar la disrupción de un producto en el mercado.

### **Consideraciones finales**

El desarrollo de nuevas tecnologías, así como la investigación en campos de la ciencia son indispensables para que un país logre progresar, ya que esto condiciona qué tan capaz será el mismo de competir o por lo menos comerciar con los países que se encuentran a la vanguardia en cuanto a los desarrollos científicos y tecnológicos.

Actualmente, México es un país que se encuentra en desarrollo, creciendo constantemente en su economía, lo cual lo hace un país con un alto grado de interacción con otros países que

podrían considerarse desarrollados, así que México está en el camino y es importante que siga incursionando en la investigación y avances científicos y tecnológicos para un progreso social y económico.

## REFERENCIAS

- Abernathy, W. & Clark, B. (1985). Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction. *Research Policy, Elsevier*, 14(1), pp. 3-22.
- Abernathy, W. & Utterback, J. (1978). Patterns of Industrial Innovation. *Technology Review*, 80, pp. 40-47.
- Acs, Z. & Audretsch, D. (1990). *Innovation and Small Firms*. Cambridge: MIT Press.
- Adler, P. (1989). Technology Strategy: A Guide to the Literatures. In R. S. Rosenbloom & R. A. Blugerman (Eds.), *Research on Technological Innovation, Management and Policy*, Greenwich, USA: JAI Press.
- Adner, R. (2002). When are Technologies Disruptive? A Demand-Based View of the Emergence of Competition. *Strategic Management Journal*, 23, pp. 667-688. JSTOR. [www.jstor.org](http://www.jstor.org).
- Aghion, P. & Howitt, P. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. *Económica, Handle*, 60(2), pp. 323-351.
- Allen, T. (1977). *Managing the Flow of Technology*. Cambridge: MIT Press.
- Álvarez, C. y Barbero, H. (2013). Nanotecnología: máquinas moleculares o cómo hacer que algo se mueva cuando tú quieres. *Revista de Ciencias*, 2 pp. 5-12.
- Anderson, P. & Tushman, M. (1990). Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change. *Administrative Science Quarterly*, 35, pp. 604-633.
- Antúnez, J., Maytorena, J., Morales de la Garza, L., Pérez, M., Petranovskii, V. y Raymond, O. (2000). ¿A qué nos referimos con Nano? *En Preguntas y Respuestas Sobre el Mundo Nano* (1-5). México, D.F.: editorial @cambridge2000.com.
- Arango, M., Gil, H. y Pérez, G. (2007). *Aspectos prácticos de la gestión del conocimiento y la innovación aplicada a las empresas*. Colombia: Ed. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- Asencio, del A. y Vázquez, B. (2009). *Empresa e Iniciativa Emprendedora*. Madrid, España: Paraninfo S. A.
- Azúa, S. (1999). *Homo Faber, Homo Sapiens: La gestión del conocimiento y del capital intelectual de las organizaciones como elemento clave para la mejora de la competitividad*. Barcelona: Ediciones del Bronce.
- Barreto, M. (2017). Innovaciones de Productos y Financiación Pública de I+D: Cómo Manejar la Heterocedasticidad y la Autocorrelación. *I+D Revista de Investigaciones*, 9(1), pp. 138-145.
- Barreto, J y Petit, E. (2017). Modelos explicativos del proceso de innovación tecnológica en las organizaciones. *Revista Venezolana de Gerencia*; 22(79), pp. 1-19.

- Bass, F. (1969). New Product Growth Model for Consumer Durables. *Management Science*, 16(5), pp. 215-227.
- Beer, S. (1959). *Cybernetics and Management*. London: English Universities Press.
- Bergshoef, M. & Vancso, G. (1999). Nanocompuestos Transparentes con Refuerzo de Fibra, Nylon-4,6 Ultrafina y Electrohilada *Adv. Mater*, (11), pp. 1362-1365.
- Bower, J. & Christensen, C. (1995). Disruptive Technologies: Catching the wave” *Harvard Review*.
- Bravo, M. (2012). Aspectos conceptuales sobre la innovación y su financiamiento. *Análisis Económico*, 66(27), pp. 25-46.
- Briones, G. (1996). Metodología de la investigación, constructos, variables e hipótesis. *Módulo de investigación social*. ICFES.
- Buen día, L., Colás, P. y Hernández, F. (2001). *Métodos de investigación Psicopedagogía*. Madrid: McGraw-Hill.
- Bunge, M. (1985). *Seudociencia e Ideología*. México, D.F. Alianza.
- Burt, R. (2005). *Brokerage and Closure. An Introduction to Social Capital*. USA: Oxford University Press.
- Burns, T. & Stalker, G. (1969). The Management of Innovation. *Social Science Paperbacks*, 79(314), pp. 403-405.
- Brynjolfsson, E. (1993). The Productivity Paradox of Information Technology: Review and Assessment *MIT Sloan School of Management* Cambridge, Massachusetts, 36(12), pp. 66-77. DOI: 10.1145 / 163298.163309.
- Carrozza, T. y Brieva, S. (2015). ¿Quién es el dueño de los átomos? Nanotecnologías y derecho de propiedad intelectual. *Íconos. Revista de Ciencias Sociales* (52), pp. 163-180.
- Casper, S. & Van Waarden, F. (2005). *Innovation and Institutions*, Edward Elgar, Reino Unido.
- Castro, E. y Fernández de Lucio, I. (2001). Innovación y Sistemas de Innovación, Recuperado de <http://metaforum.es/wp-content/uploads/2015/10/00300-Innovacion-y-Sistemas-de-Innovacion.pdf>.
- Cazau, P. (2006) *Introducción a la investigación en Ciencias Sociales*. Tercera edición. Buenos Aires Argentina. Recuperado de <http://alcazaba.unex.es/asg/400758/MATERIALES/INTRODUCCI%C3%93N%20A%20LA%20INVESTIGACI%C3%93N%20EN%20CC.SS..pdf>.
- Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CIICH). (2010). Red Temática de Nanociencias y Nanotecnología, *Mundo Nano*, 3(2), pp. 73-100. Recuperado de <http://www.mundonano.unam.mx/ojs/index.php/nano>.

- Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) (2014). Anexo I. Plan Estratégico de Mediano Plazo (PEMP) 2014-2018. Recuperado de <https://cimav.edu.mx/wp-content/uploads/2016/03/PEMP2014-2018.pdf>.
- Centro de investigación en materiales avanzados (CIMAV). (2016). Recuperado de <https://cimav.edu.mx/2016/05/nanotech-la-vanguardia-nanotecnologica-en-mexico/>.
- Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial. (2018). Informe de monitorización CDTI. *Proyectos de investigación y desarrollo en fase de comercialización*. Recuperado de <https://www.cdti.es/index.asp?MP=6&MS=794&MN=2>.
- Chandler, A. (1962). *Strategy and structure: Chapters in the History of the Industrial Enterprise*. Cambridge, Massachusetts the M.I.T: Press U.S.A.
- Chandler, A. (1990). *Scale and Scope: The Dynamics of industrial capitalism*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Chesbrough, H. (2002). Relevant environmental influences for the entry of companies in new sub-markets: conditional trust- from the hard drive in the Drive Industry world. *Research policy*, 32(4), pp. 659-678.
- Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston: Harvard Business School Press.
- Chon, M. (1993). Postmodern progress: Reconsidering the copyright and patent power. *DePaul Law Review*, 43, 97.
- Christensen, C. & Bower, J. (1996). Customer power, strategic investment, and the failure of leading firms. *Strategic Management Journal*, 17, pp. 197–218.
- Christensen, C. (1997). *The Innovator's Dilemma*. Boston: Harvard Business School Press.
- Christensen, C. (1999). *El dilema de los innovadores. Cuando las nuevas tecnologías pueden hacer fracasar a grandes empresas*. Buenos Aires. Editorial Gránica.
- Christensen, C. & Overdorf, M. (2000). Meeting the challenge of disruptive change. *Harvard Business Review*, 78(2), pp. 66-77.
- Christensen, C. & Raynor, E. (2003). *The innovators solution: creating and sustaining successful growth*. Boston: Harvard Business Scholl Press.
- Christensen, C. M. (2006). The Ongoing Process of Building a Theory of Disruption. *Journal of Product Innovation Management*, (23), pp. 39–55. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2005.00180.x>.
- Christensen, C., Raynor, M. & Mcdonald, R. (2015). What Is Disruptive Innovation? *Harvard Business Review*, 93(12), pp. 44-53. Recuperado de <https://doi.org/10.1353/abr.2012.0147>.
- Cohen, W. & Levinthal, D. (1989). Innovation and Learning: The two faces of R & D. *The Economic Journal*, 99 (397), pp. 569-596.

- Coleman, J., Kate, E. & Menzel, H. (1957). The diffusion of an innovation among physicians. *Sociometry*, 20, pp. 253-270.
- Collier, D. & Evans, J. (2009). *Administración de Operaciones. Bienes, servicios y cadena de valor*. (2ª. ed.). México: Cengage Learning.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2002). *Programa Especial de Ciencia y Tecnología, 2001-2006*, México, Plan Nacional de Desarrollo. Recuperado de [https://www.cepal.org/iyd/noticias/pais/8/31458/Mexico\\_Doc\\_4.pdf](https://www.cepal.org/iyd/noticias/pais/8/31458/Mexico_Doc_4.pdf).
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2006). Resultados de la convocatoria para crear laboratorios nacionales. Recuperado de [www.conacyt.mx/fondos/institucionales/Ciencia/Laboratoriosn-Nacionales/](http://www.conacyt.mx/fondos/institucionales/Ciencia/Laboratoriosn-Nacionales/).
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2008). *Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECYT)*, Recuperado de <http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/Peciti.pdf>.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2009). Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2008–2012. Recuperado de <https://catedraunescodh.unam.mx/catedra/pronaledh/pdfs/Peciti%202008-2012.pdf>.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2010). Red temática de nanociencia y nanotecnología. *Mundo Nano* 3(2), pp. 73-100.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2013). Red Temática de Nanociencias y Nanotecnología. CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). Dirección de Redes. DAIC. Recuperado de <http://www.conacyt.mx/Redes/Redes-Tematicas/Red-NanocienciasyNanotecnologia>.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2015). Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2014–2018. Recuperado de <http://www.siicyt.gob.mx/index.php/normatividad/nacional/631-3-programa-especial-de-ciencia-tecnologia-e-innovacion-2014-2018/file>.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2017). *Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*, México. Recuperado de <http://www.siicyt.gob.mx/index.php/estadisticas/informe-general>.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2017). *Padron de Beneficiarios del Programa de Estímulos a la Innovación – Conacyt*. Recuperado de <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/fondos-y-apoyos/programa-de-estimulos-a-la-innovacion>.
- Comisión Europea (2020). DG Health and Consumer Protection. *Public Health*. Recuperado de [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/es/nanotecnologias/index.htm#1](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/nanotecnologias/index.htm#1).

- Cooper, G. (1994). Benchmarking new product performance: results of the best practices study. *European Management Journal*, 16(1), pp. 1-17.
- Corbalán, J. (2008). ¿De qué se habla cuando hablamos de creatividad? *Cuadernos de la facultad de humanidades y ciencias sociales-Universidad Nacional de Jujuy*, (35), 11-21.
- Corona, L. (2002). Innovación y competitividad empresarial. *Aportes*, (20), pp. 55-65.
- Corona, L. (2004). Periodización de las capacidades de innovación tecnológica en México, *Economía*, (330), pp. 13-21.
- Correia, A., Pérez, M., Sáenz, J. & Serena, P. (2007). Nanoscience and nanotechnology: Driving research and applications, *Phys. Stat. Sol. (RRL)* 1, pp. 68-72.
- Corsi, S. & Di Minin, A. (2014). Disruptive innovation ... in reverse: Adding a geographical dimension to disruptive innovation theory. *Creativity and Innovation Management*, 23 (1), pp. 76-90. Doi: 10.1111 / caim.12043.
- Cositorto, B. (2007) Biografías Universales. Grandes Forjadores de la historia de la humanidad. *En Gran Enciclopedia Time Life*. México, D.F., Ediciones Culturales Internacionales.
- Crossan, M. & Apaydin, M. (2010). A Multi-Dimensional Framework of Organizational Innovation: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Management Studies*, 47(9), 1154-1190.
- Daft, R. (2010). *Teoría y Diseño Organizacional*. México D.F: Cengage Learning Editores.
- Damanpour, F. (1996). Organizational Complexity and Innovation: Developing and Testing Multiple Contingency Models. *Management Science*, 42, pp. 693-716  
doi:10.1287/mnsc.42.5.693.
- Damanpour, F., & Evan, W. (1984). Organizational Innovation and Performance: The Problem of Organizational Lag. *Administrative Science Quarterly*, 29, pp. 392-409. doi:10.2307/2393031.
- Damanpour, F. & Gopalakrishnan, S. (2001). The Dynamics of the Adoption of Product and Process Innovations in Organizations. *Journal of Management Studies* 38(1), pp. 45-65.
- Davenport, T. (1993). *Process Innovation-Reengineering Work Through Information Technology*, Harvard Business School Press.
- De Almeida, S., García, F., Demite, A. & Aparecido, M. (2015). Business model as an inducer of disruptive innovations: The case of gol Airlines. International. *Journal of Innovation*, 3(2), pp. 28-42.
- Delgado Ramos, G. (2007). Sociología Política de la Nanotecnología en el hemisferio occidental: El caso de Estados Unidos, México, Brasil y Argentina, *Revista de Estudios Sociales*, 27, pp. 164-181.

- Dess, G. & Picken, C. (2000). Changing roles: Leadership in the 21st century. *Organizational Dynamics*, 28(3), pp. 18–34.
- Dewar, R. & Dutton, J. (1986). The Adoption of Radical and Incremental Innovations: An Empirical Analysis. *Management Science*, 32, pp. 1422–1433. doi:10.1287/mnsc.32.11.1422.
- Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., y Varela, M. (2013). La Entrevista, Recurso Flexible y Dinámico. *Investigación Educativa Médica* 2(7), pp. 162-167.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*. 11(3), pp. 147-162.
- Dosi, G. (1988), Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, 26(3), pp. 1120-1171.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg & Soete, L. (Eds.) (1988). *Technical change and Economic Theory*. London and New York: Pinter Publisher.
- Dougherty, D. (1992). Interpretive barriers to success innovation in large firms. *Organizational Science*, 3(2), pp. 179-202.
- Downs, G. & Mohr, L. (1976). Conceptual issues in the study of innovation. *Administrative Science Quarterly* 21(4), pp. 700-714.
- Drexler, E. (1987). *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*. Garden City: Anchor.
- Drucker, P. (1985). Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles, *Public Productivity Review* 10(1), pp 105-109.
- Drucker, P. (1994). *La Innovación y el empresario innovador: La práctica y los principios*. Barcelona, España.: Editorial Edhasa.
- Echeverría – Castillo, F. (2013). Retos de este siglo: nanotecnología y salud. *Revista Cubana Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 29(1), pp. 3-15.
- Edmonson, A. (1999). Psychological Safety and Learning Behavior in Work Teams. *Administrative Science Quarterly*, 44, pp. 350-383.
- Edwards, J. (2001) Multidimensional Constructs in Organizational Behaviour: An Integrate Exploratory Study in the Furniture Industry, *Decisión Sciences*, 25: pp. 669-689.
- Einstein, A. (1905). Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. *Annalen Der Physik*, 322(8), pp. 549-560. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/andp.19053220806>.
- Eisenhardt, M. & Schoonhoven, C. (1990). Organizational growth: linking the founding team, strategy, environment and growth among US semiconductor companies. USA, 1978-1988. *Quarterly Administrative Science*, 35(3), pp. 504-529.

- Eisenhardt, K. y Tabrizi, B. (1995). Accelerating adaptive processes: Product innovation in the global computer industry. *Administrative Science Quarterly*, 40, pp. 84-110.
- Eisler, M. (2012). Perspective: Where Nano Came From. En S. Priest, *Nanotechnology and the Public: Risk Perception and Risk Communication*; pp. 9-18. Boca Raton: CRC Press.
- Encuesta sobre Investigación y Desarrollo (ESIDET) (2017). Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/esidet/2017/>.
- Escorsa, P. y Valls, J. (2003). *Tecnología e innovación en la empresa*. España, Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Ettlie, J. Bridges, W. & O'Keefe, R. (1984). Organization Strategy and Structural Differences for Radical versus Incremental Innovation. *Management Science*, 30, pp. 682-695. doi:10.1287/mnsc.30.6.682.
- Etzkowitz, H. & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29(2), pp.109-123.
- Fagerberg, A. (2005). Innovation: A guide to the literature. En J. Fagerberg, D. C. Mowery & R. R. Nelson, (Ed), *The Oxford Handbook of Innovation*. (pp. 1-26). Nueva York: Edit. Oxford University Press.
- Fanfair, D., Desai, S. & Kelty, C. (2007). *The Early History of Nanotechnology. Nanotechnology: Content and Context*. Houston: Rice University Press.
- Fernández, E. (2005). *Estrategias de Innovación*. Madrid, España: Thomson Editores.
- Fernández, E. (1996): *Innovación, Tecnología y Alianzas Estratégicas*. Madrid. Editorial Civitas.
- Fernández, E. y Vázquez, C. (1996). El Proceso de Innovación Tecnológica en la Empresa. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 2(1), pp. 29-15.
- Feynman, P. (1960). There's Plenty of Room at the Bottom. *Engineering and Science*, 23(5), pp. 22-36.
- Flores-Chavez, J. (2019). Obstáculos para el desarrollo de la nanotecnología en México. Observatorio de Innovación Educativa. Recuperado de <https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/obstaculos-para-el-desarrollo-de-la-nanotecnologia-en-mexico>.
- Flores Valdés, J. (1986). *La gran ilusión II. Los cuarks*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Florida, R. (2002). *The rise of the creative class*, Nueva York, Basic Books.
- Foladori, G. (2006). Nanotechnology in Latin America at the Crossroads. *Nanotechnology Law & Business Journal*, 3(2), pp. 205-216.

- Foladori, G. (2009). La gobernanza de las nanotecnologías. *Sociológica*, 24(71) pp. 125-153.
- Foladori, G., Appelbaum, R., Figueroa, A., Robles–Belmont, E., Lau, Z., Villa, L., y Parker, R. (2014). Relevancia y apoyo público de la investigación en nanotecnología en México. *Anduli, Revista Andaluza de Ciencias Sociales*, (14), 195-222. <http://doi.org/10.12795/anduli.2015.i14.11>.
- Foladori, G. y Carrozza, T. (2017). Políticas de nanotecnología en Argentina a la luz de criterios de la OCDE. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 28(55), pp. 115-140.
- Foladori, G., Figueroa, S., Záyago-Lau, E. e Invernizzi, N. (2012). Características Distintivas del Desarrollo de las nanotecnologías en América Latina. *Sociologías*, 14(30), pp. 330-363.
- Foladori, G. e Invernizzi, N. (2005). Nanotecnología: ¿Beneficios para todos o mayor desigualdad? *Redes*. 11(021) pp. 55-75.
- Foladori, G. e Invernizzi, N. (2013). Inequality gaps in nanotechnology development in Latin America. *Journal of Arts and Humanities*. 2(3), pp. 35-45.
- Foladori, G. e Invernizzi, N. (2019). Una visión crítica de las nanotecnologías disruptivas. En J.A. Navas – Sierra (Ed.), *Tecnologías disruptivas del proceso de globalización*. Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia.
- Foladori, G. (2016). Políticas Públicas en Nanotecnología en América Latina. *Problemas del Desarrollo*, 47(186), pp. 59-81.
- Foladori, G., Arteaga, E., Záyago, E., Robles, E., Appelbaum, R. & Parker, R. (2016). Sectores Económicos de Potencial Aplicación de las Patentes de Nanotecnologías en México. *Ciencia Ergo Sum*, 23(3), pp. 1-10.
- Foladori, G., Arteaga, E., Záyago, E., Appelbaum, R., Robles, E., Villa, L., Parker, R. y Leos, V. (2017). La política pública de nanotecnología en México. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, 12(34), pp. 51-64.
- Foladori, G., Figueroa, S., Záyago, E. y Invernizzi, N. (2012). Características distintivas del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina. *Sociologías, Porto Alegre*, 14(30), pp. 330-363.
- Foladori, G., Invernizzi, N. y Záyago, E. (2012). *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*, México: Editorial Miguel Ángel Porrúa.
- Foladori & Záyago Lau (2007). Tracking Nanotechnology in México. *Nanotechnology Law & Business Journal*, 4(2), pp. 2011-222.
- Font, F. (1997). *Innovación, Tecnológica y Competitividad*. La Habana, Editorial Academia.
- Forrest, F. (1991). Models of the Process of Technological Innovation. *Technology Analysis & Strategic Management*, 3(4), pp. 439-453.

- Formell, C. (1982). Dos modelos de ecuaciones estructurales: Lisrel y pls aplicados a la salida del consumidor – Teoría de la Voz, *Journal of Marketing Research*, 19: pp. 440-452.
- Formichella, M. (2005). La evolución del concepto de innovación y su relación con el desarrollo, *Monografía, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/48031881.pdf>.
- Foster, R. (1986). *Innovation: The Attacker's Advantage*, New York. Summit Books.
- Freeman, C. (1974). *La teoría económica de la innovación industrial*, Madrid, España: Alianza Editorial, S.A.
- Freeman, C. (1982). *The Economics of Industrial Innovation*. 2nd Edition, London, Reino Unido: Francis Printer.
- Freeman, C., Clark, J. & Soete, L. (1982). *Unemployment and technical innovation: a study of long waves and economic development*. Londres, Reino Unido: Frances Printer.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance. Lessons from Japan*, Londres. Nueva York: Pinter. Publishers.
- Freeman, C. (1994). The Economics of Technical Change. *Cambridge Journal of Economics*, 18, pp. 463-514.
- Freeman, C. (1995). The National Innovation System in Historical Perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19 (1), pp. 5-24.
- García, M. (2004). INAOE y Motorola trabajarán para establecer el laboratorio nacional de nanotecnología. Comunicación y Divulgación. Recuperado de: <https://journals.openedition.org/revestudsoc/20252>.
- García, M., Lugones, M. y Reising, A. (2012), “Conformación y desarrollo del campo nanotecnocientífico argentino: una aproximación desde el estudio de los instrumentos de promoción científica y tecnológica”, en Foladori, G., Záyago, E. y Invernizzi, N. (eds.), *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*, México: Editorial Miguel Ángel Porrúa.
- Gelves, P. (2010). *Nanotecnología en la industria textil*. Medellín: (Sic) Editorial.
- Gerschenkron, A. (1962). *Economic backwardness in historical perspective*. Cambridge, The Belknap Press of Harvard University Press.
- Geuma, A., Slater, A., & Steinmueller. (2003). *Science and Innovation: Rethinking the rationales for funding and governance*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- González, J. (2011). El Cluster de Nanotecnología en Nuevo León, Estrategia y Operación. *Mundo Nano*, 4(1), pp. 18-22.
- González, M. y Domínguez, J. (1989). Los Servicios: Concepto, Clasificación y Problemas de Medición. *Ekonomías*, 13, pp. 10-19.

- Govindarajan, V. & Kopalle, P. (2006). The Usefulness of Measuring Disruptiveness of Innovations Ex Post in Making Ex Ante Predictions. *Journal of Product Innovation Management*, 23(1), pp. 12-18.
- Griliches, Z. (1957). Hybrid Corn: An Exploration in the economics of technological change. *Econometrica*. 25(4), pp. 501-522.
- Griliches, Z. (1981). Market value, R&D, and patents. *Economics Letters*, 7(2), pp. 183-187.
- Griliches, Z., Hall, B. & Pakes, A. (1991). R&D, Patents, and Market Value Revisited: IS there a second (Technological Opportunity) Factor? *Economics of Innovation and New Technology*, (1), pp. 183-201.
- Grossman, G. & Helpman, E. (1991). *Innovation & Growth in the Global Economy*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Habakkuk, H. (1962). *American and British technology in the nineteenth century: The search for labour-saving inventions*. Cambridge, University Press.
- Habtay, S. & Homen, M. (2012). From Disruptive Technology to Disruptive Business Model Innovation: Need for an Integrated Conceptual Framwork. Recuperado de <http://www.aomevents.com/media/files/ISS%202012/ISS%20Parallel%20Sessions%20/Habtay.pdf> pp. 1-42.
- Hammersley, M. (1992). *¿Qué pasa con la Etnografía?* Exploraciones Metodológicas, Londres. Routledge.
- Hargadon, A. & Sutton, R. (1997). Technology Brokering and Innovation in a Product Development Firm. *Administrative Science Quarterly*, 42, pp. 716-749.
- Hargadon, A. (2003). *How Breakthroughs Happen: The Surprising Truth About How Companies Innovate*. U.S.: Harvard Business Press.
- Haw, M. (2005). Einstein's Random Walk. *Physics World*. Recuperado de <https://physicsworld.com/a/einsteins-random-walk/>.
- Heinemann, K. (2003). *Introducción a la Metodología de la Investigación Empírica en las Ciencias del Deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Henderson, R. & Clark, K. (1990). Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms, *Administrative Science Quarterly*, 35(1) pp. 9-30.
- Herrera, A. (1998). *Notas sobre Psicometría*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México. McGraw Hill.
- Hidalgo, A., León, G. y Pavón, J. (2002). *La gestión de la innovación y la tecnología en las organizaciones*. Madrid: Ediciones Pirámide.

- Hobday, M. (2005): “Firm-level Innovation Models: Perspectives on Research in Developed and Developing Countries”, *Technology Analysis & Strategic Management*, 17(2), pp. 121-146.
- Hounshell, D. (1984). *From the American System to Mass Production, 1800–1932: The Development of Manufacturing Technology in the United States*, Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press.
- Hughes, A. (1989). *Testing for language teachers*. Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- Instituto de Economía Internacional. Universidad de Alicante. (2018). Recuperado de [https://iei.ua.es/es/instituto-de-economia-internacional\\_noticias-2018-10.html](https://iei.ua.es/es/instituto-de-economia-internacional_noticias-2018-10.html).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). *Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico y Módulo sobre Actividades de Biotecnología y Nanotecnología 2012*, Síntesis metodológica ESIDET – MBN. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/encestablecimientos/especiales/esidet/2014/>
- Institut Européen d' Administration des Affaires. (2019). *Índice Global de Innovación*. Recuperado de: <http://iberglobal.com/index.php/competitividad-internacional/1657-indice-global-de-innovacion-2019>.
- Instituto de Economía Internacional. Universidad de Alicante. (2018). Recuperado de <https://iei.ua.es/es/paginas/investigacion/lineas-de-investigacion.html>.
- Institute Technology of Massachusetts (MIT). (2020). Recuperado de <https://mitnano.mit.edu/power-nano>.
- Invernizzi, N. & Foladori, G. (2006). El Despegue de las Nanotecnologías. *Ciencia Ergo Sum*, 12(3), pp. 321-327.
- Invernizzi, N. y Foladori, G. (2008). ¿Serán las nanotecnologías una solución a la pobreza del mundo? En Foladori, G. y Invernizzi, N. (Ed.), *Nanotecnologías en la alimentación y agricultura*, Montevideo, Uruguay: CSEAM.
- Invernizzi, N. y Cavichiolo, C. (2009). Nanotecnología en los medios: ¿Qué información llega al público? *Redes* 15(29) pp. 139-175.
- Invernizzi, N. (2010). “Science Policy and Social Inclusion: Advances and Limits of Brazilian Nanotechnology Policy”, in *Yearbook of Nanotechnology in Society* (vol. ii: Te Challenges of Equity, Equality and Development, pp. 291-307), New York, Springer.
- Invernizzi, N., Korbes, C. y Fuck, M. (2012). “Política de nanotecnología en Brasil: A 10 años de las primeras redes”, en G. Foladori, E. Záyago y N. Invernizzi (eds.), *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina, México*: Editorial Miguel Ángel Porrúa.

- Invernizzi, N., Hubert, M. & Vinck, D. (2014). "Nanoscience and Nanotechnology: How an Emerging Area on the Scientific Agenda of the Core Countries has been Adopted and Transformed in Latin America", in *Beyond Imported Magic. Essays on Science, Technology and Society in Latin America*, Cambridge, Mass, MIT Press.
- Jahoda, M. (1982). *Employment and unemployment: a socio-psychological analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jansen, J., Van den Bosch, F., & Volberda, H. (2006). Exploratory Innovation, Exploitative Innovation, and Performance: Effects of Organizational Antecedents and Environmental Moderators. *Management Science*, 52, pp. 1661–1674. doi:10.1287/mnsc.1060.0576.
- Jasso, J. (2004). Relevancia de la Innovación y las Redes Institucionales. *Aportes*, 8(25), pp.5-8.
- Jasso, J. (2010). Administración: innovación, conceptos, prácticas y tendencias. En Corona, L. (Ed.), *Innovación ante la Sociedad del Conocimiento. Disciplinas y enfoques*. México, D.F.: Plaza y Valdés.
- Jones, C. (1995). R&D-Based Models of Economic Growth. *Journal of Political Economy*, 103(4), pp. 759-784.
- Joyce, C. & Patterson, I. (2003). Copyright in 1791: An essay concerning the founders' view of the copyright power granted to Congress in Article I, Section 8, Clause 8 of the US Constitution, *Emory Law Journal*, 52 (909).
- Kalanje, C. (2003). *Role of Intellectual Property in Innovation and New Product Development*. World Intellectual Property Organization, (2), pp. 1-10. Recuperado de [https://www.wipo.int/export/sites/www/sme/en/documents/pdf/ip\\_innovation\\_development.pdf](https://www.wipo.int/export/sites/www/sme/en/documents/pdf/ip_innovation_development.pdf).
- Kamien, I. & Schwartz, L. (1989). *Market structure and innovation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kellstedt, P. & Whitten, G. (2013). *The fundamentals of political science research* (2a. ed.). Nueva York, NY, EE. UU.: Cambridge University Press.
- Kleiche, M. y Chiapa, A. (2014). Colaboraciones y Construcción de Redes de los Químicos Mexicanos. Cooperación y Colaboración Científicas y Movilidad Internacional, recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/280592910\\_Colaboraciones\\_y\\_construccion\\_de\\_redes\\_de\\_los\\_quimicos\\_mexicanos](https://www.researchgate.net/publication/280592910_Colaboraciones_y_construccion_de_redes_de_los_quimicos_mexicanos).
- Klepper, S. (1997). Industry life cycles. *Industrial and Corporate Change*, 6 (1), pp. 145-182.
- Kline, S. (1985). What is Technology?. *Bulletin of science, Technology & Society*, 1, pp. 215-218.

- Kline, S. & Rosenberg, N. (1986). "An overview of innovation" in: R. Landau, & N. Rosenberg, (eds). *The Positive Sum Strategy, Harnessing Technology for Economic Growth*. National Academy Press, Washington, D.C.
- King, N. y Anderson, N. (2003). *Cómo administrar la innovación y el camino. Guía crítica para organizaciones*. Madrid, España, Thomson Editores.
- King, A. & Baatartogtokh, B. (2014). How Useful Is the Theory of Disruptive Innovation?, *MIT Sloan Management Review*, 57(1), pp. 77-90.
- Kodama, F. (1993). Technology Fusion and the New R & D. *Long Range Planning*, 26, pp. 154. Doi: 10.1016/0024-6301(93)90314-6.
- Kotler, P. & Armstrong, G. (2007). *Marketing*. España: Pearson.
- Lamb, C., Hair, J. & McDaniel, C. (2011). *Marketing*. México, D.F. Cengage Learning Editores.
- Landes, D. (1969). *The Unbound Prometheus: Technological change and industrial development in Western Europe from 1750 to the present*. New York, Estados Unidos, Cambridge University Press.
- Larédo, Ph. & Mustar, Ph. (2001), *Research and Innovation Policies in the New Global Economy*, Massachusetts: Edward Elgar.
- Law, K., Wong, C.S., & Mobley, W.H. (1998). Toward a Taxonomy of Multidimensional Constructs. *Academy of Management Review*, 23, pp. 741-755.
- Leiponen, A. (2005). Skills and Innovation. *International Journal of Industrial Organization*, 23 (5), pp. 303-323.
- Leonard, D., & Swap, W. (1999). How managers can spark creativity. *Leader to Leader*, (14), pp. 43-48.
- Lijima, S. (1991) Syntesis of Carbon Nanotubes. *Nature*, 354, pp. 56-58 <http://dx.doi.org/10.1038/354056a0>.
- Lindsay, J. & Hopkins, M. (2010). From experience: Disruptive innovation and the need for disruptive intellectual asset strategy. *Product Innovation Management*, (27), pp. 283-290.
- López, O., Blanco, M. y Guerra, S. (2009). Evolución de los modelos de la gestión de innovación. *Innovaciones de Negocios*, 5, pp. 251-264.
- López, A. y Lugones, G. (1998). Los tejidos locales ante la globalización del cambio tecnológico. *Redes*, (12). Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Quilmes. Buenos Aires.
- Loza Matovelle, D. y Dibirian, R. (2015). Introducción a la Tecnología Disruptiva y su Implementación en Equipos Científicos. *Revista Politécnica*, 36(3), pp. 1-4.

- Lugones, M. y Osycka, M. (2018). Desarrollo y políticas en nanotecnología: desafíos para la Argentina. En D. Aguiar, M. Lugones, J. M. Quiroga y F. Aristimuño (dir.): Políticas de ciencia, tecnología e innovación en la Argentina de la posdictadura. Viedma, Río Negro, Argentina: Editorial UNRN. Disponible en: <https://books.openedition.org/eunrn/1234>.
- Lundvall, B. (1988). "Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to national innovation systems". In Dosi, G. et. Alabama. (Eds.) (Ed.), *Technical change and economic theory*.
- Lux Research, Inc. (2004). *The Nanotech Report 2004. Investment Overview and Market Research for Nanotechnology (Third Edition)*. New York: Lux Research, Inc.
- Machlup, F. (1962). *The Production & Distribution of Knowledge in the United States*. Princeton, New Jersey. Princeton University Press.
- Maclurcan, D. & Radywyl, N. (2012). Nanotechnology and Limits to Growth. In D. Maclurcan y N. Radywyl (Eds.), *Nanotechnology and Global Sustainability*. Boca Raton: CRC Press.
- Maldonado, A. (2000). Los organismos internacionales y la educación en México: El caso de la educación superior y el Banco Mundial. *Perfiles educativos* [online]. 22(87). pp. 51-75.
- Mansfield, E. (1961). Technical change & the rate of imitation, *Econometrica*, 29(4), pp. 741-766.
- Mansfield, E. (1968). *Industrial Research and Technological Innovation: An Econometric Analysis*. W.W. Norton & Company Inc., New York.
- Markides, C. & Charitou, C. (2003). Responses to disruptive strategic innovation. *Mit Sloan. Management Review. Winter, Bussiness Source Premier*. 44 pp. 55-63. <http://web.ebscohost.com>.
- Markides, C. (2006). Disruptive Innovation: In Need of Better Theory. *Journal of Product Innovation Management*, 23(1), pp. 19-25.
- Martín, B. (2012). The evolution of science policy and innovation studies. *Research Policy*, 41 pp. 1219-1239. Doi <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.03.012>.
- Maoshuai, H., Wang, X., Zhang, S., Jiang, H., Cavalca, F., Hongzhi, C. & Wagner, J. (2019). Growth kinetics of single-walled carbon nanotubes with a (2n, n) chirality selection *Avances científicos*: 5(12) doi: 10.1126 / sciadv. aav9668.
- Mendoza, G. y Rodríguez, J. (2007). La nanociencia y la nanotecnología: una revolución en curso. *Perfiles Latinoamericanos*, (29). 161-186.
- Merges, R. & Reynolds, G. (200). Proper scope of the copyright and patent power. *The Harvard Journal on Legislation*, 37, 45.

- Montoya, C. y Boyero, M. (2016). El Recurso Humano como Elemento Fundamental para la Gestión de Calidad y la Competitividad Organizacional. *Visión de Futuro*. 20(2), pp. 1-20.
- Mowery, D. (1983). Industrial Research, Firm Size, Growth, and Survival, 1921-1946, *Journal of Economic History* 43, pp. 953-980.
- Mowery, D., Oxley, J. & Silverman, B. (1996). Strategic Alliances and Interfirm Knowledge Transfer, *Strategic Management Journal*, 17, pp. 77-91.
- Münch, L. (1988). *Métodos y Técnicas de Investigación para Administración e Ingeniería*. México: Trillas.
- Nagy, D., Schuessler, J., & Dubinsky, A. (2016). Defining and identifying disruptive innovations. *Industrial Marketing Management*, 57, pp. 119–126.
- Nanoespacio, (2009). Aplicaciones industriales de la Nanotecnología. Consultado el 23 de junio de 2020, de [http://www.madrimasd.org/noticias / aplicacionesindustriales-de-lananotecnologia / 41815](http://www.madrimasd.org/noticias/aplicacionesindustriales-de-lananotecnologia/41815).
- Nelson, R. (1959). The Simple Economics of Basic Scientific Research. *Journal of Political Economy*. University of Chicago Press, 67, pp. 297-306.
- Nelson, R. & Phelps, E. (1966). Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. *The American Economic Review*, 56(1/2) pp. 69-75.
- Nelson, R. & Winter, S. (1977). In search of useful theory of innovation. *Research Policy*, 6, pp. 36–76.
- Nelson, R. & Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. The Belknap Press of Harvard University Press Cambridge, Massachusetts, and London, England.
- Nuchera, A., León G. y Pavón J. (2002). *La Gestion de la Innovación y la Tecnología en las Oranizaciones*. Editorial: Pirámide, Madrid.
- Nylhom, J., Lars, N., Frelle-Pettersen C., Riis M. & Torstensen, P. (2001), Innovation Policy in the knowledge based economy, Can theory guide policy making? In D. Archibugi y B. Lundvall (Eds.), *The Globalizing learning Economy*, Estados Unidos: Oxford University Press, pp. 253-272.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2005). Manual de Oslo [http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/OECD OsloManual05\\_spa.pdf](http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/OECD OsloManual05_spa.pdf).
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2010). La Medición de la Innovación. Una Nueva Perspectiva. *Foro Consultivo Científico y Tecnológico*. [http://www.foroconsultivo.org.mx/libros\\_editados/medicion\\_innovacion.pdf](http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/medicion_innovacion.pdf).
- Osorio, M. (2003). El capital intelectual en la gestión del conocimiento. *Acimed*. 11(6), pp. 14-6.

- Palacio, C. y Gaviria, P. (2016). Modelos de innovación abierta, una revisión bibliográfica con enfoque a las pyme. *International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC)*. 3(2), pp. 19-39.
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy, Elsevier* 13(6), pp. 343-373.
- Pavitt, K. & Patel, P. (1991). Technological strategies of the largest companies in the world. *Science and Public Policy*, 18 (6), 363–368.
- Pelz, D & Andrews, F. (1966). *Scientists in Organizations, Productive climates for research and development*. Michigan, Estados Unidos. John Wiley y Sons, Inc.
- Penrose, E. (1959). *The Theory of the Growth of the Firm*. New York, USA.: Editorial John Wiley.
- Peraza, A. y Zúñiga, E. (2019). Nanotecnología: Aplicación e Innovación en México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado de [https://www.academia.edu/36776388/Nanotecnología\\_C3%ADa\\_Aplicaci%C3%B3n\\_e\\_Innovaci%C3%B3n\\_en\\_M%C3%A9xico](https://www.academia.edu/36776388/Nanotecnología_C3%ADa_Aplicaci%C3%B3n_e_Innovaci%C3%B3n_en_M%C3%A9xico).
- Pérez, G. (2001). *Investigación Cualitativa. Retos e Interrogantes*. Métodos. Madrid: Murata.
- Pérez, G. y Tangarife, P. (2013). Los Activos Intangibles y el Capital Intelectual: Una Aproximación a los Retos de su Contabilización. *Saber, Ciencia y Libertad*, 8(1), pp. 143-166.
- Pita, S y Pértegas, S. (2002). Unidad de epistemología clínica y bioestadística. Complejo hospitalario – Universitario Juan Canalejo. A Coruña (España): Investigación cuantitativa y cualitativa. Recuperado de [www.fisterra.com](http://www.fisterra.com).
- Poole, C. & Owens, F. (2007). *Introducción a la Nanotecnología*. Barcelona, Bogota, Caracas, Buenos Aires, México: Editorial Reverté, S. A.
- ProMéxico y Unidad de Inteligencia de Negocios (2018). “El Mundo de la Nanotecnología. Situación y Prospectiva para México”. Recuperado de <http://www.Te-nologia-situacion-y-prospectiva-para-mexico-ul1-1-inteligencia-de-negocios-1-l-1-unidad-de.html>.
- Quinn. J.B. (1992) Intelligent Enterprise A Knowledge and Service Based Paradigm for Industry. *Management Accounting*, (3), 109.
- Robles Belmont, E. (2009). Las Redes Científicas como Respuesta a la Emergencia de las Nanociencias y la Nanotecnologías, *Redes*, 15(29), pp. 93-111.

- Roco, M. C. (2006). *National Nanotechnology initiative – Past, present, future national science foundation and national nanotechnology initiative*. Preprint – Handbook on Nanoscience, Engineering and technology, 2nd ed. Taylor and Francis.
- Roco, M. C. (2011). The Long View of Nanotechnology Development: The National Nanotechnology Initiative at 10 Years. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(2), pp. 427-445.
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5), pp. 71-102.
- Rogers, B. (2011). *Nanotechnology: Understanding Small Systems* (2.a ed.). Boca Raton: Taylor & Francis.
- Rogers, M. (1962). *Diffusion of Innovations*., New York, USA. The Free Press.
- Rogers, M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). New York, USA. The Free Press.
- Rosenberg, N. (1976). *Perspectives on Technology*, New Jersey, Estados Unidos de América: Cambridge University Press; Edición: Reissue.
- Rothwell, R. (1994). Towards the Fifth Generation Innovation Process. *International Marketing Review*, 11, 1.7-31. In Henry, J. y Mayle, D. (Eds), *Managing Innovation and Change*. London: The Open University & SAGE Publications.
- Royal Society, UK National Academy of Science and the Royal Academy of Engineering (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Edit. Latimer Trend Ltd, Plymouth, Reino Unido.
- Ruttan, V. (1959). *Usher and Schumpeter on Invention, Innovation and Technological Change*. The Quarterly Journal of Economics. 73 pp. 599.
- Sáez de Viteri Arranz, D (2000). El potencial competitivo de la empresa: recursos, capacidades, rutinas y procesos de valor añadido. *Investigaciones Europeas en Dirección y Economía de la empresa*. 3 pp. 71-86.
- Salvarezza, R. (2011). “Situación de la difusión de la nanociencia y la nanotecnología en Argentina”, en *Mundo Nano* 4 (2), pp. 18-21.
- Sánchez, F. & Sobolev, K. (2010). Nanotechnology in concrete, *A Construction and Building Materials*. 24 (11), pp. 2060–2071.
- Selin, C. (2007). Expectations and the Emergence of Nanotechnology. *Science, Technology & Human Values*, 32(2), pp. 196-220.
- Saren, A. (1984). A classification and review of models of the intra-firm innovation process, *R&D Manager*, 14(1), pp. 11-24.

- Saren, M. (2007). Marketing is everything: The view from the street. *Marketing intelligence & planning*, 25(1), pp. 11-16.
- Sartor P. (2017) ¿Qué hay Que saber de las tecnologías disruptivas? El Observador. Escuela de Negocios. Uruguay: Universidad de Montevideo. [Consultado: 18 de julio de 2020]. Disponible en: <http://www.ieem.edu.uy/pdf/noticias/231/que-hay-que-saber-de-lastechnologias-disruptivas.pdf>.
- Secretaría de Educación Pública SEP (2020). Información obtenida de <https://www.educacionsuperior.sep.gob.mx>.
- Scherer, F. (1965). Firm size, market structure, opportunity and the output of patented inventions. *American Economic Review*, 55(4), pp. 1097-1125.
- Scherer, F. (1970). *Industrial Market Structure & Economic Performance*. Chicago, Estados Unidos. Rand McNally & Company.
- Schmidt, G. & Druehl, C. (2008). When is Disruptive Innovation Disruptive? *Journal of Product Innovation Management*, 25(4), pp. 347-354.
- Schmookler, J. (1966). *Invention and Economic Growth*. Massachusetts, Estados Unidos. Cambridge, Harvard University Press.
- Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development*. Cambridge, M.A: Editorial Harvard.
- Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, socialism and democracy*, Nueva York: Editorial Harper.
- Schumpeter, J. (1947). La respuesta creativa en la historia económica. *The Journal of Economic History*, 7 (02), pp.149-159. doi: 10.1017 / s0022050700054279.
- Schumpeter, J. (1963). *Teoría del desenvolvimiento económico*. Una investigación sobre ganancia, capital, crédito, interés y ciclo económico (3 ed.). México: Editorial Fondo de Cultura Económica.
- Schumpeter, J. (1966). *Capitalism, Socialism and Democracy*, London: Unwin University Books.
- Schumpeter, J. (1978). *Teoría del desenvolvimiento económico*. Quinta Reimpresión, México: Editorial Fondo de Cultura Económica.
- Scott, S. & Bruce, R. (1994). Determinants of Innovative Behavior: A Path Model of Individual Innovation in the Workplace. *The Academy of Management Journal*, 37, pp. 580-607.
- Smits, R. & Kuhlmann, S. (2004). The Rise of Systemic Instruments in Innovation Policy, *International Journal Foresight and Innovation Policy*, 1(1/2), Inderscience Publishers.

- Solís, N. (2013). *Operacionalización de variables no es igual que definición operacional..* San José, Costa Rica, Universidad Católica Anselmo Llorente y Lafuente.
- Solow, M. (1956). *A Contribution to the Theory of Economic Growth*. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), pp. 65-94.
- Solow, M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), pp. 312-320.
- Sousa, V., Driessnack, M. & Mendes, I. (2007). Revisión de Diseños de Investigación, *Rev. Latino-am Enfermagem*, 15(3). Recuperado de [www.eerp.usp.br/rlae](http://www.eerp.usp.br/rlae).
- Spivak, H., Matthieu, A., Figueroa, S. y Andrini, L. (2012). “La estructura de la investigación argentina en nanociencia y nanotecnología: Balances y Perspectivas”, en Foladori, G., Záyo, E. y Invernizzi, N. (eds.), *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*, México: Editorial Miguel Ángel Porrúa.
- Stam, W. (2009). When does community participation enhance to performance of open source software companies? *Research Policy*, 38(8), pp. 1288-1299.
- Suarez, M. (2008) “El Papel de las Instituciones en el Cambio Económico de México”, in: Problemas del Desarrollo. Revista de Economía Latinoamericana, IIE-UNAM, Ciudad de México, vol. 39, núm. 154, pp. 1-23.
- Suarez, M. (2018). *Nanotechnology, Governance, and Knowledge Networks in the Global South*. Berlin Germany: Pelgrave Mc Millan.
- Takeuchi, H. & Nonaka, I. (1986). The new product development game. Stop running the relay race and take up rugby. *Harvard Business Review*, pp. 137-146.
- Takeuchi, N. (2011). *Nanociencia y nanotecnología. Panorama actual en México*. México: Editorial CEICH, UNAM.
- Takeuchi, N. y Mora Ramos, M. (2011). “Divulgación y formación en nanotecnología en México”, en *Mundo Nano* 4 (2), pp. 59-64.
- Teece, D., Peteraf, M., & Leih, S. (2016). Dynamic Capabilities and Organizational Agility: Risk, Uncertainty, and Strategy in the Innovation Economy. *California Management Review*, 58(4), pp. 13–35.
- Tellis, G. (2006). Disruptive Technology or Visionary Leadership?. *Journal of Product Innovation Management*, 23(1), pp. 34–38.
- Thomond, P. & Lettice, F. (2002). Disruptive Innovation Explored. *Cranfield University, Cranfield, England, 9th IPSE International Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications*.
- Trott, P. (1998). *Innovation management and new product development*. Financial Times, New Jersey, Prentice Hall.

- Tushman, M. (1977). "Special boundary roles in innovation process". *Administrative Sciences*. 22 (4), pp. 587–605.
- Tushman, L. & Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational environments. *Administrative Sciences Quarterly*, 31 pp. 439-465. <http://dx.doi.org/10.2307/2392832>.
- Tushman, M. & O'Reilly, C. (1996). Ambidextrous Organizations: Managing Evolutionary and Revolutionary Change. *The Regents of the University of California CMR*, 38(4), pp. 7-30.
- University of Texas at Dallas (2005). Nobel Laureate to Give Keynote Address at US-Mexico Nanotechnology Workshop. UT Dallas and University of Guanajuato Expand Their Collaboration to Include 'Small' Science." News Release. Recuperado en: [www.cimat.mx/ad\\_documentos/nota\\_UTD.pdf](http://www.cimat.mx/ad_documentos/nota_UTD.pdf).
- Urquilla, A. (2019). Impacto de la nanotecnología como revolución industrial a nivel mundial. *Realidad y Reflexión*, 49, pp. 66-78.
- Utterback, M. & Abernathy, W. (1975). A dynamic model of process and product innovation. *Omega, the Int. JI of Mgrnt Sc.*, 3(6), pp. 639-656.
- Utterback, M. (1994). *Mastering the Dynamics of Innovation*. Boston: Harvard Business School Press.
- Utterback, M. (1996). *Mastering the Dynamics of Innovation*. Boston, MA: Harvard Business Press.
- Van de Ven, A. (1986). Central problems in innovation management. *Management Science*. 32(5), pp. 590-607.
- Vásquez, J., Martín, F., Martínez, M. & Novoa, F. (2009). Aplicaciones médicas de las nanotecnologías en relación con las otras tecnologías NBIC. *Nuevas Fronteras Tecnológicas*. p. 2-6.
- Veiga, L. (2016). "What is disruptive innovation? A critical review of the disruptive innovation theory". *Economy, Society and Business*, pp. 1-4 Recuperado de <http://www.ieem.edu.uy/img/recursos/128/what-is-disruptive-innovation-junio2018.pdf>.
- Velasco, E., Zamanillo, I. y GurutzeIntxaurburu, C. (2007), Evolución de los modelos sobre el proceso de innovación: Desde el modelo lineal hasta los sistemas de innovación. XX Congreso anual de AEDEM, Vol. 2, 2007: Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2499438>.
- Vernon, R. (1966), International Investment and International Trade in the Product Cycle. *The Quarterly Journal of Economics*, 80(2), pp. 190-207.

- Vidal, M., Carnota, O. y Rodríguez, A. (2019). Disruptive technologies and innovations. *Cuban Journal of Higher Medical Education*. 33(1), pp. 1-13.
- Vieira – Posada, E. (2019). Introducción. En J.A. Navas – Sierra (Ed.), *Tecnologías disruptivas del proceso de globalización*. Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia.
- Villavicencio, D. (2006). Trabajo, Aprendizaje Tecnológico e Innovación. En De la Garza, E. (Ed). *Teorías Sociales y Estudios del Trabajo: Nuevos Enfoques* (pp. 222 - 239) España, Athropos.
- Villavicencio, D. (2012). Incentivos a la Innovación en México: Entre Políticas y Dinámicas Sectoriales. En Carrillo, J., Hualde, A. y Villavicencio, D. (Ed.). *Dilemas de la Innovación en México. Dinámicas sectoriales, territoriales e institucionales*, México, D.F.: Red Temática Complejidad, Ciencia y Sociedad de Conacyt.
- Von Hippel, E. (1994). “Sticky Information” and the Locus of Problem Solving: Implications for Innovation. *Management Science*, 40(4), pp.429-548.
- VVAA (2014), “Foresight Review of Nanotechnology”, Lloyd’s Register Foundation, Recuperado de: <http://www.lrfoundation.org.uk/publications/nanotech.aspx>.
- Walker, J. (1969). Diffusion of innovations among American states. *The American Political Science Review*, 63(3), pp. 880-899.
- Weeks, M. (2015). Is Disruption Theory Wearing New Clothes or Just Naked? Analyzing Recent Critiques of Disruptive Innovation Theory. *Innovation: Management, Policy & Practice*, 17(4), pp. 418-428. doi.org/10.1080/14479338.2015.1061896.
- Womack, J., Jones, T. & Ross, D. (1990). *The Machine that Changed the World*, New York: Rawson Associates.
- Wood, D., Wilson, C. & Garcia, A. (2014). *Fomentando la innovación en México*. Ideas del Foro de Innovación de Alto Nivel para Creadores de Política. Washington, DC. Wilson Center México Institute.
- Woodward, J. (1958). *Management and Technology* (HMSO).
- Woodward, J. (1965). *Industrial Organization: Theory and Practice*. Oxford: Oxford University Press.
- Yonas, G. & Pieraux, S. (2001). "National Needs Drivers for Nanotechnology" en M.C. Roco y W.S. Bainbridge”, (eds.), *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*, (Final Report from the Workshop held at the National Science Foundation), 28(29) pp. 37-44.
- Zaltman, G., Duncan, R. & Holbeck, J. (1973). *Innovation and Organizations*. New York, Estados Unidos: John Wiley.

- Zanella, R., Delgado, C. y Contreras, E. (coords.) (2016). “Catálogo nacional de instituciones de investigación con actividades en nanociencia y nanotecnología. Parte 2. *Mundo nano*. *Revista Interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología* (9)17, UNAM, México.
- Záyago – Lau, E. (2011). A nanotech cluster in Nuevo León, México. Reflections on its Social Significance. *Nanotechcnol Law Bus J* 8(1), pp. 49–59.
- Záyago-Lau y Foladori, G. (2010). La Nanotecnología en México: un Desarrollo Incierto. *Economía, Sociedad y Territorio*, X (32), pp. 143-178.
- Záyago – Lau, E. y Foladori, E. (2012), “La política de ciencia y tecnología en México y la incorporación de las nanotecnologías”, en Foladori, G., Záyago, E. y Invernizzi, N. (eds.), *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*, México: Editorial Miguel Ángel Porrúa.
- Záyago-Lau, E., Foladori, G., Appelbaum, R. y Arteaga, R. (2013). Empresas Nanotecnológicas en México: Hacia un Primer Inventario. *Estudios Socioeconómicos*, 21(42), pp. 11-25.
- Záyago – Lau, E., Stacey, F. & Foladori, G. (2014). Twelve years of nanoscience and nanotechnology publications in Mexico. *Journal of Nanoparticle Research*, 16(1) pp. 4-10 doi: 10.1007/s11051-013-2193-1.
- Záyago-Lau, E., Foladori, G., Villa, L., Appelbaum, R. y Arteaga, R. (2015). Análisis Económico de las Empresas de Nanotecnología en México. *Documentos de trabajo de IELAT*, 79, pp. 1-31.

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Cuestionario para la Construcción del Directorio

##### Bloque I. Datos generales

Nombre del centro de investigación

Siglas

Estado

Dirección

Contacto

Fecha de creación

##### Bloque II. Financiamiento

1. ¿Con que tipo de recursos cuenta?

Recursos propios

Recursos estatales

Recursos federales

Recurso federal y estatal

Recurso federal y propio

Recurso estatal y propio

Recurso federal estatal y propio

##### Bloque III. Investigación

2. No. De Líneas de investigación

3. ¿De manera general a que están enfocadas las líneas de investigación?

4. No. de publicaciones en los últimos 5 años

5. No. de proyectos de investigación

6. No. de proyectos de investigación de nanotecnología

7. ¿A que están enfocados los proyectos de investigación?

##### Bloque IV. Capital humano

8. Número de personal con el que está funcionando el centro de investigación

9. Nivel de estudios del personal (Doctorado, maestría, licenciatura)

10. ¿Reciben capacitación?

Si

No

11. ¿Cuántas veces al año?

12. ¿Trabajan como grupos de investigación?

Si

No

13. Promedio de edad del personal

14. Promedio de antigüedad

15. ¿El personal recibe capacitación?

Si

No

16. ¿Cuántas veces al año?

17. ¿Trabajan como grupos de investigación?

Si

No

#### **Bloque IV. Servicios**

18. ¿Qué servicios ofrecen?

19. ¿Ya desarrollaron algún producto con nanotecnología?

Si

No

En proceso

20. ¿Ya se encuentra en el mercado?

Si

No

En proceso

21. ¿A qué sector está orientado?

#### **Bloque V. Colaboraciones**

22. No. de colaboraciones

Colaboraciones nacionales

Colaboraciones internacionales

23. ¿De manera general en qué consisten las colaboraciones?

24. Beneficios a la sociedad por el trabajo que vienen desempeñando

## **Anexo 2**

### **ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA SOBRE LA NANOTECNOLOGÍA EN MÉXICO, UN ESTUDIO DE SU IMPACTO DISRUPTIVO**

#### **Objetivo:**

Conocer la dinámica de la innovación de la nanotecnología en los centros de investigación a través del análisis de sus procesos tomando como base los modelos de innovación explicativos más destacados de la literatura científica

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Nombre del entrevistado:** \_\_\_\_\_

**Nombre del centro de investigación:** \_\_\_\_\_

#### **Bloque I. Estructura Organizacional**

1. Indique la forma en que se encuentra estructurado el Centro de Investigación
2. ¿De acuerdo con su estructura organizacional que departamento o área lidera los proyectos de innovación?

#### **Bloque II. Investigación**

3. ¿Qué tipo de investigación realizan en el centro de investigación?
4. ¿Cómo surge la necesidad de innovar en el centro de investigación?

#### **Bloque III. Producto**

5. ¿Cómo desarrollan un producto o servicio en el centro de investigación?
6. ¿Con que propósito desarrollan prototipos de sus productos?
7. ¿Para qué consideran el rediseño de los productos que elaboran con nanotecnología?

#### **Bloque IV. Proceso**

8. ¿Durante su proceso de innovación existe retroalimentación?
9. ¿Cómo realizan el proceso de retroalimentación durante el desarrollo de un producto?

10. ¿Cómo se establece la conexión entre la investigación y la invención de sus productos?
11. ¿Cómo se establece la conexión entre el mercado y la investigación de sus productos?
12. ¿Consideran al usuario final para el desarrollo tecnológico del producto?

#### **Bloque V. Innovación disruptiva**

13. Mencione cómo son sus principales innovaciones
14. ¿A qué está dirigida la innovación que están desarrollando?
15. ¿Un producto elaborado con nanotecnología es de uso?
  - a. Simple
  - b. Complejo
16. ¿El servicio que brinda un producto elaborado con nanotecnología es?
  - a. Conveniente
  - b. No conveniente
17. ¿El costo de un producto elaborado con nanotecnología es?
  - a. Alto
  - b. Bajo
18. ¿Un producto elaborado con nanotecnología responde a un mercado emergente?
  - a. Sí
  - b. No
19. ¿Cuál es el nivel de los productos elaborados con nanotecnología que se introducen en el mercado?
  - a. Alto
  - b. Medio
  - c. Baj
20. ¿Existe satisfacción en los clientes que adquieren productos elaborados con nanotecnología?
  - a. Sí
  - b. No
21. ¿Cuál es el nivel de tecnología que se utiliza para los productos elaborados con nanotecnología?
  - a. Alto
  - b. Medio
  - c. Bajo
22. ¿Cuál es el costo de la tecnología que se utiliza para la elaboración de productos con nanotecnología?
  - a. Alto

- b. Bajo
23. ¿Se encuentran patentados los productos elaborados con nanotecnología?
- a. Sí
  - b. No
24. ¿Cuentan con derecho de autor los productos elaborados con nanotecnología?
- a. Sí
  - b. No
25. Los productos que se elaboran con nanotecnología, ¿cuentan con marcas comerciales?
- a. Si
  - b. No
26. ¿Qué tipo de innovación generan en la industria con su producto o servicio que introducen en el mercado?
27. ¿Cómo desarrollan su proceso de nanotecnología?
28. ¿A que están enfocados sus proyectos de investigación?
29. ¿Qué servicios ofrecen?
30. ¿En qué consisten las colaboraciones?
31. Mencione los beneficios a la sociedad por el trabajo que vienen desempeñando