

“VIII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial” COINI 2015 –UTN FRC

Relaciones entre capacidad de innovación tecnológica, contenido tecnológico y valor agregado en el sector manufacturero del Gran Buenos Aires

Área temática: Innovación y Gestión de Productos

Herrería, Elisabeth Ruth*, Jäger, Mariano Daniel

Universidad Nacional de La Matanza, Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Florencio Varela 1903, San Justo, Buenos Aires, B1754JEC

eherreria@ing.unlam.edu.ar

mariano@jager.com.ar

Área temática: Innovación y Gestión de Productos

RESUMEN

Actualmente, el desempeño de la capacidad de innovación tecnológica de los establecimientos industriales, especialmente aquellos que conforman el sector PYME, viene presentándose como un área de creciente interés en la literatura especializada, y concebido como promotor del proceso de fortalecimiento de las competencias internas para la creación de valor dado un contexto socio-técnico específico. Sin embargo, un aspecto que aparece ausente en esta discusión es cómo se relacionan las capacidades de innovación tecnológica, la generación de valor agregado de la producción y el contenido tecnológico del sector manufacturero.

Por consiguiente, en este trabajo se presentarán los resultados obtenidos del módulo de innovación tecnológica de la encuesta realizada a 145 establecimientos industriales localizados en tres municipios del Gran Buenos Aires, y que fueron seleccionados por medio de un muestreo por áreas durante los meses de octubre a diciembre de 2014.

En una primera parte, se presentarán los resultados de las principales variables que sirven a los propósitos del trabajo de investigación en curso, entre las cuales se encuentran contenido tecnológico del establecimiento, disponibilidad de tecnología avanzada, valor agregado, niveles de cambios y/o modificaciones en procesos, productos y organización, y logros percibidos por realizar cambios, modificaciones, incorporaciones y mejoras de producto, de procesos y organizacionales, entre otras variables que se incluyeron en el citado módulo.

En una segunda parte, se expondrán los resultados del modelo final obtenido a partir del análisis log-lineal, por el cual se posibilitó analizar estadísticamente el nivel de asociación entre la capacidad de innovación tecnológica, el nivel de contenido tecnológico y el valor agregado para los establecimientos industriales relevados.

Palabras Clave: capacidad de innovación tecnológica, contenido tecnológico, valor agregado, modelos log-lineales.

ABSTRACT

Currently, innovation capacity performance of the manufacturing sector, mainly of those that belong to the small business sector, is nowadays conceived as an appealing area of academic inquiry, and it is increasingly recognised as a driver for strengthening the internal competences for value creation given a socio-technical context.

Notwithstanding, it can be seen that an aspect that remains neglected in current debates rests on understanding the relationship among innovation capacity, manufacturing production value added and industry technological content.

Moreover, this article presents the major findings of the technological innovation module of a survey carried out during the period October-December 2014, in which 145 industrial enterprises located in three councils of the Greater Buenos Aires area were surveyed by applying a conglomerate sampling technique.

In the first part, the results of the main variables considered for the purposes of the research project in which this report is based on, will be presented. In addition, the main variables included in the first part are technological content of the industrial enterprise, availability of advanced technology, levels of change in product, process and organization, perceptions about achievements in technological changes, and improvements at the level of product, processes and organization, amongst other variables included in the mentioned module.

In the second part, the results of the final generating model of the log-lineal analysis performed will be discussed after analysing the statistical association of these categorical variables.

1. INTRODUCCIÓN.

Si bien la evolución de la humanidad como asimismo la historia del desarrollo industrial se encuentra íntimamente asociada al impulso de las invenciones, no necesariamente una invención califica de innovación. Como ha sido señalado por Rennings [1], innovación difiere de invención, lo cual se presenta como una idea o un modelo para un nuevo producto o proceso mejorado. Por lo tanto y desde un punto de vista económico, una invención se transforma en innovación cuando el producto o proceso mejorado es introducido por primera vez en el mercado [1].

La mayoría de las PyMEs que conforman el sector manufacturero del Gran Buenos Aires se concentran en el sector industrial denominado de baja tecnología. Sin embargo, esta pertenencia a este sector no implica necesariamente que la innovación no suceda al interior de estos establecimientos industriales en relación a sus procesos y productos como asimismo a sus formas organizacionales.

En este sentido, los resultados del estudio empírico realizado por Kirner et al. [2] sobre el desempeño en innovación del sector industrial alemán de baja tecnología demuestra que firmas pertenecientes al citado sector son capaces no obstante de organizarse e innovar en sus procesos de producción, al menos tan eficientemente como las de mediana a alta tecnología, resultando en comparable productividad y velocidad de procesos. Asimismo, Kirner et al. [2] señalan que en relación a la calidad de los procesos, las industrias de baja tecnología muestran capacidad para innovar en diseños de procesos continuamente, resultando en una mejor calidad del valor agregado de sus procesos, incluso mayor que las industrias de mediana a alta tecnología. De igual forma, las industrias de bajo nivel tecnológico tienden a enfatizar la calidad de sus procesos de producción, posibilitando diferenciarse de sus competidores globales.

Por su parte, Heindenreich [3] y Hirsch-Kreinsen [4] disputan el supuesto ampliamente difundido en la literatura especializada sobre innovación en el sector industrial que considera que la capacidad de innovación del sector industrial de alta tecnología conduce al crecimiento económico y a la creación de empleo.

Aunque a nivel nacional, se carece de estudios que evalúen empíricamente qué diferencias se observan entre la capacidad de desempeño de innovación en industrias de baja y media a alta tecnología, resultaría ingenuo concebir a las PyMEs localizadas en el principal aglomerado industrial del país como pertenecientes a un sector de baja tecnología sin capacidad de desempeño innovador.

Sin embargo, un aspecto que parece soslayado en estos debates sobre el desempeño en innovación en el sector industrial radica en indagar cómo se relacionan la generación de valor agregado, la capacidad de innovación y el contenido tecnológico de la rama de actividad industrial a partir de evidencia empírica original.

Para este propósito, se presentan a continuación los resultados del análisis de las principales variables incluidas en el módulo de innovación de la encuesta realizada a establecimientos industriales del Gran Buenos Aires, como asimismo los resultados del análisis log-lineal utilizado para estudiar las relaciones entre las citadas variables.

Cabe indicar que los resultados presentados en este trabajo forman parte de un proyecto de investigación en curso sobre capacidad de innovación y eco-eficiencia en el sector manufacturero del Gran Buenos Aires.

2. RECOLECCIÓN DE DATOS.

La población objetivo fue conformada por establecimientos industriales pertenecientes al sector formal de la economía que desarrollan sus actividades productivas dentro de los límites de los partidos de San Martín, La Matanza y Lanús durante el año 2014. Por su parte, se considera como empresa formal a las personas físicas o jurídicas, que cuentan con CUIT, independientemente de la categoría de contribuyente impositivo.

En cuanto al marco muestral, se había planificado inicialmente realizar una muestra aleatoria al azar simple mediante la obtención de listados de establecimientos industriales operando formalmente en una cantidad de partidos del conurbano bonaerense. Sin embargo, al inicio de los trabajos de conformación de la muestra se detectaron problemas para poder realizar un muestreo aleatorio simple de establecimientos industriales. En primer lugar, varios municipios del área de interés geográfica establecida en el proyecto no poseen bases de datos consolidadas de establecimientos industriales. En algunos casos, se identificaron que esas bases de datos parciales corresponden a diferentes registros administrativos que pertenecen a distintas áreas de gestión municipal (ej. Ingresos, inspección, habilitaciones, promoción industrial). Por otro lado, los procesos de búsqueda se vieron obstaculizados por diversas trabas burocráticas manifestadas por los agentes municipales consultados, como asimismo por cierta indiferencia combinada con recelo acerca de los propósitos de disponer de esa información.

Frente a esta situación, se procedió consultar a diferentes cámaras empresariales a fin de obtener listados de establecimientos industriales asociados a las mismas. No obstante, se verificó que las cámaras empresariales tienden a exhibir una baja representatividad en función de la cantidad de

establecimientos industriales que operan dentro de sus respectivas jurisdicciones o en relación a su pertenencia de rama industrial. Por lo tanto, ese bajo nivel de representatividad podría haber conducido a una subrepresentación importante de establecimientos industriales.

Finalmente, se decidió realizar una selección de establecimientos industriales en los partidos de San Martín, La Matanza y Lanús a partir de un barrido geográfico. Para esto, se seleccionaron distintas áreas en estos partidos que por el uso de suelo y referencias previas concentran establecimientos industriales pertenecientes a una amplia variedad de sectores manufactureros. A partir de esta selección previa, se procedió a dividir estas áreas en polígonos industriales, para después obtener grupos de áreas compuestos por una cantidad de manzanas, y así seleccionar los establecimientos industriales que participaron en la muestra conformada.

Asimismo, la cantidad de casos incluidos en esta muestra fue de 145 establecimientos industriales. El trabajo de campo se desarrolló durante los meses de octubre a diciembre de 2014. La administración de la encuesta fue realizada cara a cara (*face to face*) a personal perteneciente al sector de mandos medios y/o altos del área de producción.

Se supervisó directamente al 40% de los establecimientos de la muestra conformada y se procedió al control, edición y revisión del total de las encuestas. Posteriormente, se procedió a conformar la base datos utilizando el SPSS Versión 11.5, y a realizar las correspondientes pruebas para constatar la confiabilidad y la validez del cuestionario empleado para la recolección de los datos.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS PRINCIPALES VARIABLES CONSIDERADAS.

En esta sección se presentan los resultados de las principales variables que se incluyeron en el módulo de innovación de la encuesta realizada. Para aquellas variables cuyo nivel de medición es de escala, se incluyen los principales estadísticos descriptivos de las mismas.

3.1. Rama de actividad principal del establecimiento industrial.

En Tabla 1, se presentan los porcentajes de establecimientos industriales según la actividad principal que mejor calificaba a la misma y que fue clasificada a nivel de División (2 dígitos) del Código Industrial Internacional Uniforme Revisión 4 (CIUU-Rev.4). Asimismo, los valores porcentuales indican una amplia dispersión en el tipo de actividades principales que desarrollan los establecimientos que conformaron la muestra.

Tabla 1 Rama de actividad principal del establecimiento industrial a nivel de División del CIUU Rev.4.

Rama de actividad principal	Código División del CIUU-Rev. 4	% de establecimientos
Productos alimenticios	10	2,1
Elaboración de bebidas	11	1,4
Productos textiles	13	7,6
Productos de cuero y productos similares	15	2,8
Madera, productos de madera y corcho	16	3,4
Papel y productos de papel	17	2,1
Impresión y reproducción de grabaciones	18	0,7
Sustancias y productos químicos	20	5,5
Farmacéuticos, y medicinales	21	2,8
Productos de caucho y de plástico	22	13,1
Productos minerales no metálicos	23	3,4
Productos de metal -ni maquinaria ni equipo-	24 y 25	35,9
Productos de informática, electrónica y óptica	26	1,4
Otra maquinaria y equipo el	28	8,3
Equipo eléctrico	27	0,7
Muebles	31	5,5
Otras industrias	32	3,4
Total	145	100

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta de Innovación tecnológica y eco-eficiencia - Sector manufacturero del Gran Buenos Aires. 2014

Si bien las actividades que se encuadran en las Divisiones 24 y 25 del CIUU concentran más de un tercio del total de los establecimientos industriales relevados, los mismos registran una diversidad de bienes finales e intermedios que van desde la fabricación de productos metálicos para uso estructural hasta piezas y componentes metalmecánicos para distintos usos.

Esta extensa gama de sectores manufactureros representada en la muestra posibilitó categorizar a los establecimientos industriales de acuerdo a su nivel tecnológico. Es así que tomando como base la categorización efectuada por la Organización Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE) para su caracterización de los sectores manufactureros según su contenido tecnológico, se procedió a convertir esta variable nominal a una variable ordinal con dos categorías, bajo y alto contenido tecnológico. Cabe adelantar que en el siguiente apartado de este informe se utiliza la variable contenido tecnológico para la técnica estadística de análisis log-lineal aplicada para estudiar las relaciones entre las variables de interés para este trabajo.

3.2. Capacidad de Innovación.

Para medir la variable capacidad de innovación, se optó como marco referencial el Manual de Oslo desarrollado por la OCDE conjuntamente con Eurostat, en donde se establecen los principales lineamientos y recomendaciones para la medición de la innovación, distinguiendo entre innovación en productos, en procesos y en formas organizacionales.

Por lo tanto, en el cuestionario del módulo de innovación de la encuesta realizada se incluyeron una serie de variables que miden la capacidad de innovación de los establecimientos industriales, diferenciando a las mismas entre producto, proceso y organización, y medidas tanto en escala métrica y no métrica.

A partir de este conjunto de variables, se seleccionaron para este trabajo a las variables que hacen referencia al grado de equipos, maquinarias y *softwares* para producción adquiridos en los últimos 5 años, al grado de productos desarrollados o modificados significativamente en el quinquenio precedente, y al grado de procesos productivos introducidos o mejorados sustancialmente también para el mismo período de tiempo.

Cabe agregar que si bien se reconoce que la medición de innovación asume distintas dimensiones y se manifiesta como un fenómeno complejo de medir cuantitativamente, estas variables seleccionadas, al menos, se presentan como representativas de aquellas dimensiones presentes en la definición conceptual de capacidad de innovación.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos - Variables seleccionadas.

Estadísticos descriptivos – Medidas de tendencia central, dispersión y distribución	% de equipos, maquinarias y <i>softwares</i> para producción en los últimos 5 años	% de productos desarrollados o modificados significativamente en los últimos 5 años	% de procesos productivos introducidos o mejorados en los últimos 5 años
Número de casos	145	145	145
Media	20,55	26,15	24,46
Mediana	10,00	10,00	15,00
Moda	0	0	0
Desvío típico	26,333	32,196	28,182
Asimetría	1,613	1,259	1,264
Error típico de asimetría	,201	,201	,201
Curtosis	1,964	,342	,753
Error típico de curtosis	,400	,400	,400

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta de Innovación tecnológica y eco-eficiencia - Sector manufacturero del Gran Buenos Aires. 2014

En cuanto a los estadísticos descriptivos para estas variables que figuran en Tabla 2, se registra que la media y la mediana difieren entre ellas para cada una de las variables analizadas, indicando que sus distribuciones no son simétricas.

Asimismo, el valor de la moda estaría indicando que el casi nulo desempeño en materia de innovación tecnológica en los últimos 5 años registra mayor frecuencia absoluta dentro de la muestra de los establecimientos industriales.

En relación a los valores de dispersión de estas distribuciones, los valores registrados para cada una de las variables indican que sus desvíos estándar son más grandes que los que corresponderían para una distribución normal.

En cuanto a las medidas de curtosis, se evidencia una amplia concentración de valores para estas variables, de ahí que las figuras de los histogramas realizados muestran distribuciones leptocúrticas.

3.3. Disponibilidad actual de tecnologías avanzadas.

En Tabla 3, se presentan los datos en cuanto a la disponibilidad de tecnologías avanzadas presentes en el establecimiento industrial al momento de efectuarse la encuesta. Es así que se observa que a medida que el nivel de disponibilidad de tecnología avanzada se mueve hacia formas más sofisticadas y complementarias entre diseño, producción y comercialización el porcentaje de respuestas positivas tiende a representar un alto nivel de ausencia de estas tecnologías avanzadas.

Tabla 3 Disponibilidad de tecnologías avanzadas en el establecimiento industrial.

Tipo de tecnología avanzada disponible en el establecimiento industrial	Si	No
Sistemas computarizados para diseño e ingeniería	36,6%	63,4%
Sistemas para el manejo automatizado de materiales	37,2%	62,8%
Sistemas de control numérico	46,2%	53,8%
Sistemas computarizados de inspección y control de calidad	23,4%	76,6%
Sistemas computarizados para procesamiento, fabricación y ensamblaje	21,4%	78,6%
Software específico para gestión de producción	29,7%	70,3%
Sistema de información integrada de control de calidad	24,1%	75,9%

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta de Innovación tecnológica y eco-eficiencia - Sector manufacturero del Gran Buenos Aires. 2014

Asimismo, se evidencia que la disponibilidad de tecnología avanzada tiende a concentrarse en aquellos niveles donde el uso de la misma es empleado para alguna función aislada del total de los procesos intervinientes. Esta situación pareciera constituirse en un punto de partida para establecer líneas de investigación en transferencia de tecnología avanzada al sector PyME, mediante potenciales actividades de vinculación tecnológica que permitan que las PyMEs accedan a las mismas, potenciando la competitividad del sector no solamente en términos económicos sino también en términos ambientales.

3.4. Cambios, modificaciones, incorporaciones y mejoras de producto, de procesos y organizacionales en el último año.

Si se observa los datos de la Tabla 4, y tomando en cuenta lo registrado en la tabla precedente, se evidencia que la mayoría de aquellos cambios, modificaciones, mejoras, e incorporaciones se corresponden con innovaciones de procesos y productos, y en menor medida con innovaciones organizacionales. Esta tendencia estaría demostrando que los aspectos de innovación organizacional tienden a ser no percibidos como estrategias que generan competitividad tanto económica como ambiental a nivel de firma.

Tabla 4 Cambios, modificaciones, incorporaciones y mejoras de producto, de procesos y organizacionales en el último año.

Cambios, modificaciones, incorporaciones y mejoras de producto, de procesos y organizacionales	Si	No
Implementó cambios en el diseño de al menos un producto	60,0%	40,0%
Adquirió nueva maquinaria, nuevos equipos o software para producción	42,8%	57,2%
Contrató algún servicio de provisión de Investigación y Desarrollo (I+D)	13,1%	86,9%
Fue contratado por alguna empresa para proveer servicios de Investigación y Desarrollo -I+D-	4,8%	95,2%
Introdujo en el mercado al menos un nuevo producto	59,3%	40,7%
Mejóro sustantivamente algún producto ya existente	64,1%	35,9%
Implementó al menos un nuevo proceso de producción	45,5%	54,5%
Modificó significativamente algún proceso productivo ya establecido	47,6%	52,4%
Introdujo algún nuevo método de logística, distribución o entrega de sus productos	14,5%	85,5%
Cambió de manera significativa algún método ya existente de logística, distribución o entrega	9,7%	90,3%

Implementó cambios en la forma de empaquetar o embalar sus productos	14,5%	85,5%
Incorporo nuevos canales de venta para sus productos	33,1%	66,9%
Modificó significativamente las prácticas de organización interna - reingeniería de negocios, círculos de calidad, gestión de calidad, etc.-	29,0%	71,0%
Incorporó nuevas formas de organizar las relaciones comerciales con sus proveedores y clientes	34,5%	65,5%
Recibió algún tipo de crédito para financiar los proyectos de inversión	13,8%	86,2%

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta de Innovación tecnológica y eco-eficiencia - Sector manufacturero del Gran Buenos Aires. 2014

3.5. Logros percibidos por haber realizados cambios, modificaciones, incorporaciones y mejoras de producto, de procesos y organizacionales en el último año.

Tabla 5 presenta los datos acerca de los logros percibidos por haber introducidos mejoras, cambios y/o modificaciones en los productos, procesos y formas organizacionales. Es así que mejorar el producto y/o el servicio provisto por el producto se presenta como el logro con mayor porcentaje de respuesta afirmativa, seguido por aumentar la competitividad. En tanto que disminuir tiempos de trabajo y reducir costos, se presentan como logros que cuentan con casi la mitad de las afirmaciones tanto positivas como negativas. A su vez, aquellos logros relacionados con aspectos de impacto ambiental, se presentan con un bajo nivel de respuestas afirmativas.

Tabla 5 Logros percibidos por haber realizados cambios, modificaciones, incorporaciones y mejoras de producto, de procesos y organizacionales en el último año.

Logros percibidos en los últimos 12 meses	Si	No
Disminuir tiempos de trabajo	49,7%	50,3%
Reducir costos	49,0%	51,0%
Mejorar el producto y/o el servicio	73,1%	26,9%
Aumentar la competitividad	62,8%	37,2%
Disminuir el consumo energético	29,0%	71,0%
Reducir el nivel de generación de residuos	33,1%	66,9%

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta de Innovación tecnológica y eco-eficiencia - Sector manufacturero del Gran Buenos Aires. 2014

En este aspecto, dos posibles interpretaciones podrían señalarse. Por un lado, la distorsión tarifaria actual del consumo de energía para las industrias pareciera no gravitar como factor atractivo para considerar como logro la posibilidad que a través de las mejoras, modificaciones y/o cambios tecno-productivos se logre disminuir el consumo energético. Por otra parte, pareciera indicarse una escisión en la búsqueda de mejorar la base tecno-productiva entre aquellos aspectos que hacen a la gestión de la calidad, y entre aquellos que hacen a la gestión ambiental, suponiendo que ambos aspectos se presentan en esferas aisladas.

Esta percepción de innovación escindida entre los aspectos económicos y ambientales ameritaría dar inicio a futuras líneas de investigación, como asimismo a programas de vinculación tecnológica. Asimismo, esta concepción escindida también puede rastrearse en ciertas prácticas sociales arraigadas en el paradigma productivista de política industrial. Por ejemplo, una rápida lectura a los programas y políticas de desarrollo industrial de los últimos años denotan que los aspectos económicos de competitividad industrial se presentan sobrestimados.

3.6. Generación de valor agregado en el último año.

Para medir el nivel de generación de valor agregado, se decidió emplear el método indirecto por el cual se releva para el último año qué proporción del conjunto de insumos y bienes intermedios representaron las ventas totales de los productos, excluyendo IVA.

La opción por este método indirecto obedece al grado de sensibilidad al tener que solicitar los datos para realizar un cálculo directo de los establecimientos relevados, y por consiguiente, correr el riesgo de subdeclaración de los valores de cada ítem a calcular.

Dado los valores de las medidas de tendencia central, se observa que tanto la media como la mediana divergen, 37,7% y 30% respectivamente. Por lo tanto, se presenta una distribución no simétrica. El valor de 30% en la mediana, está indicando que en la mitad de los establecimientos industriales relevados, el valor agregado generado en el último año fue de 30% o menos. Asimismo, el valor de la moda es de 20%, por lo cual se evidencia que el bajo nivel de valor agregado tiene mayor frecuencia absoluta dentro de esta muestra de establecimientos industriales.

Con respecto a los valores de dispersión, se evidencia un valor del desvío estándar (19,7) más amplio que para una distribución normal. Por su parte, la medida de curtosis (-8,60) y el histograma de la Figura 4 demuestran que el grado de concentración que poseen los valores en la región central de esta distribución corresponde al de tipo leptocúrtica,

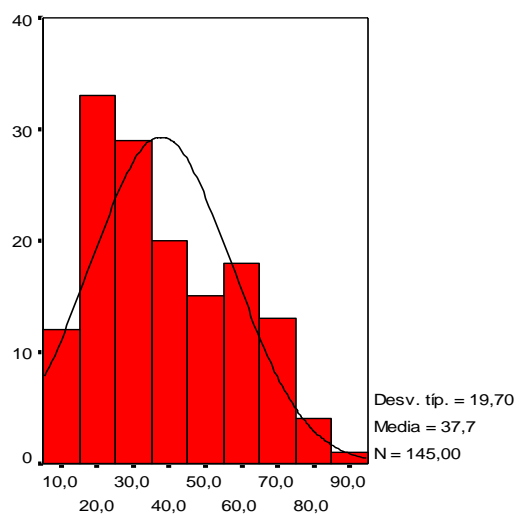


Figura 1 Histograma del porcentaje declarado de insumos y bienes intermedios descontando el IVA sobre el total de ventas en el último año.

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta de Innovación tecnológica y eco-eficiencia - Sector manufacturero del Gran Buenos Aires. 2014.

4. CAPACIDAD DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA, CONTENIDO TECNOLÓGICO Y VALOR AGREGADO: RELACIONES ENTRE VARIABLES MEDIANTE EL ANÁLISIS LOG-LINEAL.

En una tabulación cruzada multivariada, la tarea de dilucidar las complejas relaciones entre variables examinando únicamente los valores de las celdas, se presenta como un proceso engorroso y restringido. A medida que se adicionan variables a la tabulación, las celdas aumentan, y por lo tanto resulta desacertado utilizar el test de independencia estadística de chi-cuadrado para analizar las estimaciones de los efectos de las variables entre ellas mismas [5].

Asimismo, la mayoría de los modelos estadísticos que ponen hipótesis a prueba sobre las relaciones entre variables métricas exige observaciones que siguen una distribución normal y presentan una varianza constante, resultando muy limitante para desentrañar complejas relaciones entre variables que no satisfacen estos requerimientos.

Frente a esta situación, y dada que varias de las variables que interesan a los propósitos de este estudio presentan observaciones sobre la población considerada (establecimientos industriales) sin distribución normal y sin varianza constante, se decidió cambiar el nivel de medición de esas variables a ordinal, a fin de poder utilizar la técnica estadística de los modelos log-lineales, y así estudiar las relaciones entre esas variables más allá del simple análisis de cuadros de contingencia con variables definidas en escala no métrica.

En este sentido, la técnica estadística de los modelos log-lineales ha sido ampliamente desarrollada para elucidar las interacciones entre varias variables no métricas [6,7]. De igual modo, la potencia de esta técnica, que emplea la linealización por algoritmos, radica en la posibilidad de discernir las interacciones existentes entre un conjunto de variables y así evaluar la asociación entre variables no métricas [6-8].

4.1 Elección del modelo saturado inicial.

Entre los distintos modelos existentes, el saturado es el modelo que mejor se ajusta a los propósitos planteados para el análisis de asociación entre variables que expresan capacidad de innovación tecnológica, nivel de contenido tecnológico y valor agregado. Consecutivamente, las variables métricas fueron convertidas a variables ordinales como se detalla a continuación mediante la distribución de los percentiles. La primera columna muestra el código de variable, la segunda columna la cantidad de categorías que asume la variable y la tercera columna indica el nombre de la variable:

NTECNOL	2	Nivel de contenido tecnológico
P10_ORD	3	Nivel de valor agregado
P4_ORD2	2	% de equipo, maquinaria y/o software incorporado
P5_ORD2	2	% de productos desarrollados o modificados significativamente
P6_ORD2	2	% de procesos productivos introducidos o mejorados

Las categorías de las variables son:

NTECNOL 1: Alto; 2: Bajo

P10_ORD 1: Alto; 2: Medio; 3: Bajo

P4_ORD2 1: De bajo a medio; 2: De medio-alto a alto

P5_ORD2 1: De bajo a medio; 2: De medio-alto a alto

P6_ORD2 1: De bajo a medio; 2: De medio-alto a alto

Cabe señalar que los modelos saturados incluyen todos los efectos posibles de las distintas variables que componen dicho modelo y son utilizados como punto de partida para conseguir modelos que resuman los datos de manera más simple y asequible. Es así que para los propósitos analíticos que más se ajustan a la hipótesis inicial de trabajo, se estableció el siguiente modelo saturado que se presenta en Tabla 6.

Tabla 6 Modelo saturado inicial – Variables incluidas.

NTECNOL*P10_ORD*P4_ORD2*P5_ORD2*P6_ORD2
Nivel de contenido tecnológico * Nivel de valor agregado * % de equipo, maquinaria y/o <i>software</i> incorporado* % de productos desarrollados o modificados significativamente * % de procesos productivos introducidos o mejorados

El signo * (asterisco) indica que las variables señaladas interactúan entre ellas. En este caso, todos los efectos posibles entre las 5 variables pueden modificar la cantidad de casos en una celda o casilla de la tabulación multivariada, por lo que estos efectos algunos pueden ser significativos y otros no. De ahí, que la potencia de la técnica estadística del log-lineal ayuda a diferenciar cuáles efectos son significativos en un modelo saturado.

Este tipo de modelo es un tipo especial dentro de los log-lineales, llamado jerárquico debido a que si un término existe para designar las interacciones entre varias variables, existen entonces términos de un nivel inferior para todas las posibles combinaciones de esas variables. Es así que el modelo considerado para este estudio, hay k orden = 5 (efecto de la relación entre 5 variables o efecto de cuarto orden). Esto señala el nivel de complejidad involucrado que va desde el nivel más simple al más complejo.

Consecuentemente, se empezó con el modelo más complejo, que es el modelo saturado previamente mencionado en Tabla 6. Se aclara que se denomina efecto de k orden = 5 a las interacciones que estadísticamente hablando son aquellas de cuarto orden, es decir relaciones entre cuatro variables controladas por una quinta variable [8]. Es así que un efecto de k orden = x , concierne a $K-1$ orden de las interacciones en el mencionado efecto. Por lo tanto, las variables solas son consideradas los efectos principales, los efectos de primer orden considera las interacciones entre 2 variables ($k = 2$), los efectos de segundo orden, a las interacciones entre 3 variables ($k = 3$), los efectos de tercer orden, a las interacciones entre 4 variables ($k = 4$) y los efectos de cuarto orden, a las interacciones entre 5 variables ($k = 5$).

4.2. Análisis de resultados de salida del modelo inicial.

Empleando el SPSS Versión 11.5, se realizó el ajuste del modelo jerárquico log-lineal por medio del procedimiento de eliminación regresiva. En cada etapa, se evalúa el cambio en el ajuste, utilizando el chi cuadrado de verosimilitud. Esto implica que si el cambio no se presenta significativo, se puede simplificar el modelo hasta un nivel sin necesidad de perder el nivel de predicción, procediendo a la próxima etapa [7-8]. Es así que se continúa a través de los distintos niveles hasta que el cambio resulta significativo estadísticamente, momento en que la pérdida del poder de predicción se convierte en muy grande como para desdeñarla.

Para definir el mejor modelo generado y considerando que ese modelo debe ajustarse a los datos obtenidos, además de presentarse fácilmente interpretable y simple, se decidió correr con 3 opciones de números de etapas usando la eliminación regresiva en 15 etapas, en 10 etapas (que es la opción de *default* del SPSS) y en 7 etapas.

Después de analizar los resultados de las salidas de cada uno de ellos, especialmente la tabla final que muestra las frecuencias observadas, las esperadas, los valores residuales y estandarizados, se resolvió considerar como mejor modelo generado al obtenido en 10 etapas.

La primera tabla de salida de resultados es aquella que muestra las frecuencias observadas y esperadas como asimismo los residuales para todas las casillas de la tabulación multivariada. También provee el valor de la prueba de bondad de ajuste del chi cuadrado, siendo su valor igual a cero (0) debido a que se trata de un modelo saturado, y consecuentemente se indica que hay ajuste perfecto.

Asimismo, la tabla subsiguiente de salida de resultados muestra aquellos que testean la hipótesis que los efectos de menor y mayor orden son iguales a cero (0) [8]. De acuerdo a los resultados (*Tests that K-way and higher order effects are zero*) se observa que los efectos de K orden = 5 y K orden = 4 no se presentan significativamente distintos de 0.

Efectivamente, el chi cuadrado de radio de verosimilitud es 0,0537 para los efectos de k orden = 5 y de 6,947 para los efectos de K orden = 4 respectivamente. En cuanto al efecto de K orden = 3, el chi cuadrado de radio de verosimilitud podría estar generando ciertas dudas, dado su valor de 35,866. Sin embargo se asume que dicho valor aparenta ser significativamente distinto de cero (0),

por lo tanto se decidió incluir este nivel, y excluir del modelo seleccionado a los efectos de K orden = 5 y K orden = 4, evitando dañar el ajuste del modelo.

Al analizar la próxima tabla de salida de resultados, se aprecia la contribución del efecto de cada orden por sí mismo, denominado *Tests that K-way effects are zero*. Es así, que se evidencia que al adicionarse el chi cuadrado de radio de verosimilitud de los efectos de K orden = 3 (efectos de segundo orden) y K orden = 4 (efectos de tercer orden) se iguala al chi cuadrado de radio de verosimilitud de los efectos de K orden = 3 (efectos de segundo orden) de la tabla del precedente test (*Tests that K-way and higher order effects are zero*). Esto indica que el estadístico proporcionado para los efectos de K orden = 3 respeta los efectos de ese orden por sí mismos, reflejando que el modelo a este nivel mantiene su precisión.

En cuanto a los tests de asociación parcial (*Tests of partial associations*), que evalúan la significancia de cada efecto individual en el modelo, se puede observar que aquellos términos que no presentan un valor significativo del chi cuadrado parcial (*Partial Chisq*) pueden ser suprimidos del modelo sin modificar demasiado el poder predictivo atribuido al modelo [8]. Esto denota que en el modelo seleccionado existen posibles interacciones que pueden ser omitidas.

4.3. Generación del modelo final.

Por último, la salida de resultados muestra el proceso por el cual se generó el modelo final. Como se señaló previamente, en la eliminación regresiva se van descartando los efectos menos significativos si no satisfacen criterios probabilísticos para permanecer en el modelo final. Asimismo, cabe resaltar que el criterio de selección de los efectos se realiza por el cambio en chi cuadrado de razón de verosimilitud [7-8]. Si el efecto es significativo, el cambio en el chi cuadrado es relevante, por lo tanto es a partir de la significancia del chi cuadrado de cambio se decide si se rechaza o no la hipótesis nula de que el efecto es significativo. Recordemos que la hipótesis nula significa que entre las variables no existe asociación, por lo tanto rechazar la hipótesis nula implica aceptar que existe asociación entre variables, y no rechazar la hipótesis nula significa aceptar que no existe asociación.

Al observar el modelo final presentado en Tabla 7, se registra que el mismo contiene interacciones de orden k= 3 (interacciones de segundo orden), y presenta un valor de chi cuadrado de radio de verosimilitud de 10,79604.

Tabla 7 Modelo final generado – Interacciones de orden k= 3 incluidas.

P10_ORD*P4_ORD2*P5_ORD2
NTECNOL*P5_ORD2*P6_ORD2
NTECNOL*P10_ORD*P4_ORD2
NTECNOL*P10_ORD*P6_ORD2
NTECNOL*P4_ORD2*P6_ORD2
P10_ORD*P4_ORD2*P6_ORD2
Chi cuadrado de radio de verosimilitud = 10,79604
p-valor = ,867

Si se observa la tabla de asociaciones parciales en la salida de resultados, se distingue que los datos ahí presentados sugerían el mismo modelo. Es así que, la mayoría de los valores del nivel de significación tienden a ser relativamente superiores para la mayoría de aquellos efectos pertenecientes a las interacciones de K orden superior. Por lo cual, se revalida que los efectos de las interacciones de k orden menor y los efectos principales (variables consideradas de forma independiente) califican para representar los datos.

En cuanto al resultado de la prueba de bondad del ajuste de chi cuadrado (*Goodness-of-fit test statistics*), muestra que el chi cuadrado de radio de verosimilitud no se presenta significativo, denotando que este modelo posee un nivel razonable de ajuste de los datos. Dado que el p-valor asociado al mismo es de 0,867, aquellos efectos no contemplados no resultan significativos, y por lo tanto pueden ser desechados [7-8]. Asimismo, y considerando que otra forma de evaluar la bondad del ajuste del modelo final generado reside en interpretar los valores residuales, que expresan la diferencia entre las frecuencias observadas y esperadas [8].

Es así que no se registran anomalías tanto en los valores de sus residuales y en aquellos residuales que han sido estandarizados (frecuencias observadas menos frecuencias esperadas dividido por la raíz cuadrada de la frecuencia esperada).

5. REFLEXIONES FINALES SOBRE LAS RELACIONES GENERADAS EN EL MODELO FINAL.

A modo de reflexiones finales para este trabajo, cabe preguntarse qué expresan estos efectos incluidos en el modelo final generado.

Primeramente, el 1° efecto de segundo (k=3) P10_ORD*P4_ORD2*P5_ORD2 podría indicar que la asociación entre el nivel de generación de valor agregado no se presenta igual entre aquellos establecimientos industriales y que está asociado a cuál ha sido en los últimos 5 años el proceso

de innovación por medio de la adquisición de equipamiento y el nivel de desarrollo en tecnología de producción. Por lo tanto, esta relación sugeriría que la presencia de un actual elevado valor agregado podría estar expresando cuál ha sido el grado de desempeño en innovación de productos e inversión en equipamiento efectuado en el período señalado.

Ahora bien, el 2° efecto de segundo orden ($k=3$) NTECNOL*P5_ORD2*P6_ORD2 revelaría que dependiendo del grado de contenido tecnológico al que pertenece la rama de actividad manufacturera del establecimiento, influenciaría la capacidad de innovación en procesos y productos que han venido desarrollando en el lapso de tiempo considerado.

Asimismo, los 3° y 4° efectos de segundo orden ($k=3$) NTECNOL*P10_ORD*P4_ORD2 y NTECNOL*P10_ORD*P6_ORD2 indican asociación entre los niveles de contenido tecnológico y valor agregado con los procesos de incorporación de equipamiento y con el desempeño en innovación de procesos que los establecimientos industriales efectuaron en el período señalado. Por consiguiente, se demuestra que ciertos aspectos relacionados con la capacidad de innovación tecnológica dependen de la influencia que ejerce el nivel de contenido tecnológico sobre la generación de valor agregado.

En cuanto al 5° efecto de segundo orden ($k=3$) NTECNOL*P4_ORD2*P6_ORD2, el mismo alude a que los procesos de incorporación de equipamiento y el grado de innovación en tecnología de procesos logrados en el período señalado varían según el contenido tecnológico, denotando la influencia que posee la inserción de la rama de actividad del establecimiento en el sistema tecnoproductivo actual sobre ciertos aspectos de la capacidad de innovación tecnológica.

De igual modo, el 6° efecto de segundo orden ($k=3$) P10_ORD*P4_ORD2*P6_ORD2, pareciera indicar que los efectos conjuntos de las interacciones entre los procesos de incorporación de equipamiento y el grado de innovación en tecnología de procesos alcanzados en el período citado no se presentan uniformes para el actual nivel de generación de valor añadido. Por lo tanto, este efecto revelaría que la relación entre el grado actual de generación de valor económico de un establecimiento industrial varía de acuerdo a cuál ha sido el desempeño en desarrollar procesos de innovación tecnológica asociados por un lado a la inversión y reinversión de utilidades en bienes de capital, y por otra parte a tecnologías de procesos en forma de mejoras o de nuevas incorporaciones.

A partir de estas interpretaciones preliminares de las relaciones planteadas en cada uno de los efectos incluidos en el modelo final generado por el análisis log-lineal, se percibe que las mismas plantean cuestionamientos teóricos que ameritarían ser escudriñados. De esta manera, se permitiría avanzar en el entendimiento de las complejas relaciones que intervienen entre la generación de valor agregado, el contenido tecnológico de la rama de actividad y la capacidad de innovar en productos, procesos y formas organizacionales en los establecimientos industriales del sector PyME.

6. REFERENCIAS.

- [1] Rennings, K (2000), "Redefining innovation — eco-innovation research and the contribution from ecological economics", *Ecological Economics*, 32(2):319–332.
- [2] Kirner, E, Kinkel, S, Jaeger, A (2009), "Innovation paths and the innovation performance of low-technology firms - An empirical analysis of German industry", *Research Policy*, 38(3) 447–458.
- [3] Heidenreich, M (2009), "Innovation patterns and location of European low- and medium technology industries", *Research Policy*, 38(3):483-494.
- [4] Hirsch-Kreinsen, H (2008), " 'Low-Tech' innovations", *Industry and Innovation*, 15(1):19–43.
- [5] Fienberg, S, & Rinaldo, A (2007), 'Three centuries of categorical data analysis: Log-linear models and maximum likelihood estimation', *Journal Of Statistical Planning And Inference*, 137:3430-3445.
- [6] Streiner, D, & Lin, E (1998). 'Life after chi-squared: An introduction to log-linear analysis', *Canadian Journal Of Psychiatry*, 43(8):837-842.
- [7] Upton, Graham (1991). "The exploratory analysis of survey data using log-linear models", *Journal of the Royal Statistical Society: The Statistician*, 40(2):169-182.
- [8] SPSS Inc. (1997). *SPSS advanced statistics 7.5*. Chicago. 1°ed. SPSS Inc. United States of America.