



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS



Universidad
Nacional
de Córdoba

REPOSITORIO DIGITAL UNIVERSITARIO (RDU-UNC)

Predicción de la probabilidad de innovación en empresas industriales de la provincia de Córdoba usando modelos mixtos

Verónica Arias, Norma Patricia Caro

Ponencia presentada en III Jornadas Argentinas de Econometría realizado en 2016 en la
Facultad de Ciencias Económicas - Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual
4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

PREDICCIÓN DE LA PROBABILIDAD DE INNOVACIÓN EN EMPRESAS INDUSTRIALES DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA USANDO MODELOS MIXTOS

ARIAS, VERÓNICA¹ y CARO, NORMA PATRICIA¹:
veroarias1@gmail.com, pacaro@eco.unc.edu.ar

¹*Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba*

Arias, Verónica: Licenciada en Economía de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Alumna de la Maestría en Estadística Aplicada de la UNC. Profesora Asistente de la cátedra de Estadística I y Profesora Ayudante B de la cátedra de Microeconomía I. Participante de proyectos de investigación.

Caro, Norma Patricia: Doctora en Ciencias Económicas de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Magister en Estadística Aplicada de la UNC. Profesora Adjunta de las cátedras de Estadística I y II, Directora de Programas y Proyectos de Investigación.

RESUMEN

La innovación es reconocida como uno de los factores clave en el crecimiento económico y la competitividad. En base a la reciente información disponible con representatividad provincial, este trabajo pretende generar un aporte a la comprensión del proceso de innovación en las empresas industriales manufactureras de la provincia de Córdoba para el período 2011-2014, identificando los principales factores determinantes de la misma.

Los datos utilizados son las mediciones presentadas por cada empresa a través del tiempo, constituyendo un panel de datos. Estos cuentan con una estructura jerárquica, la que introduce dependencia en las respuestas múltiples dentro de cada unidad. La información proviene de la “Encuesta sobre innovación y conducta tecnológica de la Provincia de Córdoba” (Dir. Gral. de Estadística y Censos de la Provincia).

Para identificar los principales determinantes de la innovación en las empresas bajo estudio se utiliza un modelo logístico mixto donde la variable respuesta considera si la empresa logró nuevos o mejoras significativas en productos y/o procesos (innova= 1 / no innova=0). En cuanto a las variables predictoras, resultaron factores significativos en la probabilidad de innovar, el tamaño de la empresa, la proporción de profesionales, la proporción del gasto en actividades de innovación, la utilización de fondos de programas públicos de innovación y las de actividades de vinculación con instituciones públicas.

Para completar el análisis, se han propuesto diversos métodos de predicción para los efectos aleatorios, a fin de estimar la probabilidad de innovar de empresas que no forman parte de la muestra con la que se estimó el modelo.

Palabras clave: INNOVACIÓN, MODELOS MIXTOS, EFECTO ALEATORIO, INDUSTRIAS DE CÓRDOBA.

INTRODUCCIÓN

Según el Manual de Oslo, se entiende por innovación a la introducción de un nuevo o significativamente mejorado producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método de organización, en las prácticas internas a la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones externas a la misma (OECD, 2005). A nivel de empresa, la innovación conduce a un uso más eficiente de los recursos, permitiendo generar ventajas competitivas sostenibles en el tiempo. La innovación es reconocida como uno de los factores clave del crecimiento económico y la competitividad, por lo que existe gran interés en comprender las variables que la afectan.

Hoy se tiene un gran interés por la innovación ya que la misma juega un papel cada vez más importante como factor de competitividad de las empresas. La nueva economía del conocimiento, la sociedad de la información y la globalización de los mercados requieren de las empresas un importante esfuerzo innovador, que debe ser apoyado no sólo desde las administraciones públicas, sino desde todas las organizaciones y entidades que conjuntamente participan de este proceso.

La mayor disponibilidad de encuestas específicas sobre innovación, ha permitido realizar estudios empíricos sobre sus determinantes a nivel de firma. Numerosos trabajos muestran vínculos positivos entre investigación y desarrollo (I+D), innovación y productividad en países desarrollados (Griffith et al., 2006; Mairesse y Monhen, 2010). Recientemente Crespi y Zúñiga (2010), realizaron un análisis para seis países latinoamericanos, Benavente (2002,2005) centra su estudio en Chile, Romo y Hill de Titto (2006) en México, Cassoni y Ramada (2010) en Uruguay.

Uno de los trabajos publicados para Argentina, es el de Yoguel, et al. (2004) que relaciona el grado de competencia tecnológica con los esfuerzos innovativos realizados por las firmas; Chudnovsky et al (2004) centran su atención en los determinantes de la innovación y su impacto en la productividad laboral de las firmas manufactureras para el período 1992-2001; Milesi et al (2011) examinan los determinantes en la probabilidad y la intensidad del gasto en I+D y en maquinaria y equipo.

En el presente trabajo, en base a la reciente información disponible con representatividad provincial, se busca generar un aporte a la comprensión del proceso de innovación en las empresas industriales manufactureras de la provincia de Córdoba para el período 2011-2014.

Con el objetivo de identificar los factores determinantes de la innovación, se realiza un análisis a nivel de firma sobre empresas pertenecientes al sector industrial manufacturero de la Provincia de Córdoba. A través de la aplicación de un modelo logístico mixto se identifican

los factores que influyen sobre la probabilidad de obtener mejoras significativas y/o nuevos productos y/o procesos novedosos para el mercado.

Para completar el análisis, se comparan dos métodos de predicción para los efectos aleatorios, a fin de estimar la probabilidad de innovar de empresas que no formaron parte de la muestra con la que se estimó el modelo.

El presente trabajo cuenta, además de esta introducción, con una descripción del marco teórico sobre determinantes de la innovación, para luego continuar con la innovación en Córdoba, Argentina. Luego se describe la metodología, explicitando características de la encuesta, la conformación de la muestra, las variables de interés y el modelo aplicado. Por último se presentan los resultados, y las conclusiones del presente.

MARCO TEÓRICO

Los modelos de innovación fueron evolucionando en el tiempo, pasando de aquellos con visiones mecánicas, que explican la innovación como una relación lineal hacia modelos donde se entiende a la innovación como un proceso dinámico y complejo. Si bien la innovación y el cambio tecnológico son reconocidos como fuente fundamental del desarrollo económico aún no existe consenso respecto a un modelo teórico único que permita explicar este complejo proceso.

Hacia la década de 1950, el modelo explicativo de la innovación posee un carácter lineal, basado en fundamentos neoclásicos, donde se asume que las nuevas tecnologías y la innovación son motorizadas por los descubrimientos científicos provenientes de la investigación básica. Se concibe a la innovación como un proceso secuencial, unidireccional y ordenado que pasa por diferentes etapas: investigación, invención, innovación y difusión.

Desde esta visión de la innovación, la literatura confrontó el rol de la demanda con el de las oportunidades tecnológicas. La primera posición conocida como “arrastre de demanda” (*demand-pull*) sostiene que existe un vínculo positivo entre la actividad de innovación y el crecimiento del mercado (Schmookler, 1962). Bajo esta perspectiva, la innovación deriva principalmente del análisis de las necesidades de los consumidores. Las empresas pueden tomar el riesgo de desarrollar productos y procesos nuevos o mejorados si esperan niveles crecientes de demanda, o si clientes más sofisticados lo solicitan. La segunda hipótesis, “empuje de oferta” (*technology-push*) plantea que las actividades de innovación son estimuladas principalmente por los avances científicos y tecnológicos (Rosenberg, 1974).

Estos modelos explican el proceso de innovación sin atender la interacción y retroalimentación de las distintas etapas del proceso, ni el rol de las instituciones y de otros factores económicos sobre las firmas. El evolucionismo intenta explicar, desde una visión dinámica y endógena, los procesos y la evolución que las empresas tienen en el mercado. La literatura sobre innovación reconoce en el trabajo de Schumpeter (1942) un punto de referencia a partir del cual se desarrollaron las ideas evolucionistas. Tanto el tamaño como el poder de mercado son variables relevantes al momento de evaluar la conocida “hipótesis

Schumpeteriana” (Schumpeter, 1942), según la cual se espera que la innovación se incremente con el tamaño de la empresa y con su poder de mercado.

En el evolucionismo se encuentran presentes elementos como el aprendizaje, el conocimiento y las competencias poniendo un fuerte énfasis en la dinámica y en los procesos. La tecnología que utiliza la firma en la actualidad depende de la tecnología usada en el pasado. Juega un papel central en el proceso innovador el aprendizaje, donde las empresas no solo se nutren de la acumulación de experiencia, sino también de fuentes externas como consumidores, universidades, consultores, centros de investigación y competidores (Lundvall, 1992). En este contexto la innovación constituye un proceso de acumulación de conocimiento a través de las actividades propias y de la interacción con el ambiente en el que actúan los agentes.

Otro factor importante es la capacidad de absorción de las firmas, es decir la habilidad para reconocer el valor de una nueva información, asimilarla y aplicarla con fines comerciales. La misma es función de los conocimientos tecnológicos previos, de la inversión en investigación y desarrollo, del aprendizaje en el proceso de fabricación y diseño, y de la capacitación de los recursos humanos (Cohen y Levinthal, 1989)

A nivel sectorial un determinante relevante para el comportamiento innovativo de la firma es la posibilidad de apropiabilidad de los resultados de innovación, la cual varía entre industrias (Levin et al., 1987). Pavitt, et. al. (1989) identifican patrones sectoriales en base a las oportunidades tecnológicas y niveles de apropiabilidad.

Partiendo de las ideas evolucionistas, a inicios de los años 90's, se fue abordando el proceso innovador desde una perspectiva sistémica (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Edquist, 1997; entre otros) En el enfoque de los sistemas de innovación las interrelaciones y las redes de cooperación son los elementos fundamentales en el proceso de innovación y producción. Se ha denominado sistema de innovación al conjunto de agentes, instituciones y normas, en el que se apoyan los procesos de incorporación de tecnología, el cual determina el ritmo de generación, adaptación, adquisición y difusión de conocimientos tecnológicos en todas las actividades productivas (Nelson, 1993).

Desde esta perspectiva, se sostiene que las firmas no innovan de forma aislada, el proceso de innovación involucra tanto a empresas como un sistema de interacciones e interdependencias entre las firmas y otras organizaciones e instituciones, como universidades, institutos de investigación, agencias gubernamentales, instituciones financieras.

Dependiendo del objetivo y nivel de análisis los sistemas de innovación pueden ser “nacionales”, (Freeman, 1987; Nelson, 1993; Lundvall, 1992); “sistemas regionales/locales de innovación” (Cooke et.al, 1997); “sistemas sectoriales de innovación” (Malerba, 2002), o “sistemas tecnológicos de innovación” donde el foco es puesto en las redes de agentes para la generación, difusión, y utilización de las tecnologías (Hughes, 1984; Callon, 1992; Carlsson y Stankiewicz, 1995).

Como se menciona en la introducción, la mayor disponibilidad de encuestas específicas sobre innovación, está permitiendo el desarrollo de estudios empíricos sobre sus determinantes a nivel de firma, así como sobre el impacto de la innovación sobre alguna medida de desempeño económico (productividad, empleo, dinámica exportadora).

Los trabajos de Griffith et al (2006) y Mairesse y Monhen, (2010) muestran relaciones de innovación en países desarrollados, mientras que Crespi y Zúñiga (2010), Benavente (2002,2005), Romo y Hill de Titto (2006) y Cassoni y Ramada (2010) lo hacen en economías latinoamericanas. En Argentina, Yoguel et al (2004), Chudnovsky et al (2004) y Milesi et al (2011) han realizado investigaciones que relacionan el grado de competencias tecnológicas con los esfuerzos innovativos o bien examinan los determinantes en la probabilidad y la intensidad del gasto en I+D y en maquinaria y equipo.

En base a lo expuesto, se entiende al proceso de innovación como un fenómeno complejo en el que prevalecen relaciones dinámicas, donde los factores relacionados a la misma son muchos, variados y cambiantes. En esta investigación, siguiendo el esquema presentado por Milesi, et al. (2011) bajo la teoría evolutiva, se analizan factores vinculados a las empresas manufactureras de la provincia de Córdoba, y factores sistémicos que ayuden a explicar la conducta innovativa de las mismas.

INNOVACION EN LA PROVINCIA DE CORDOBA

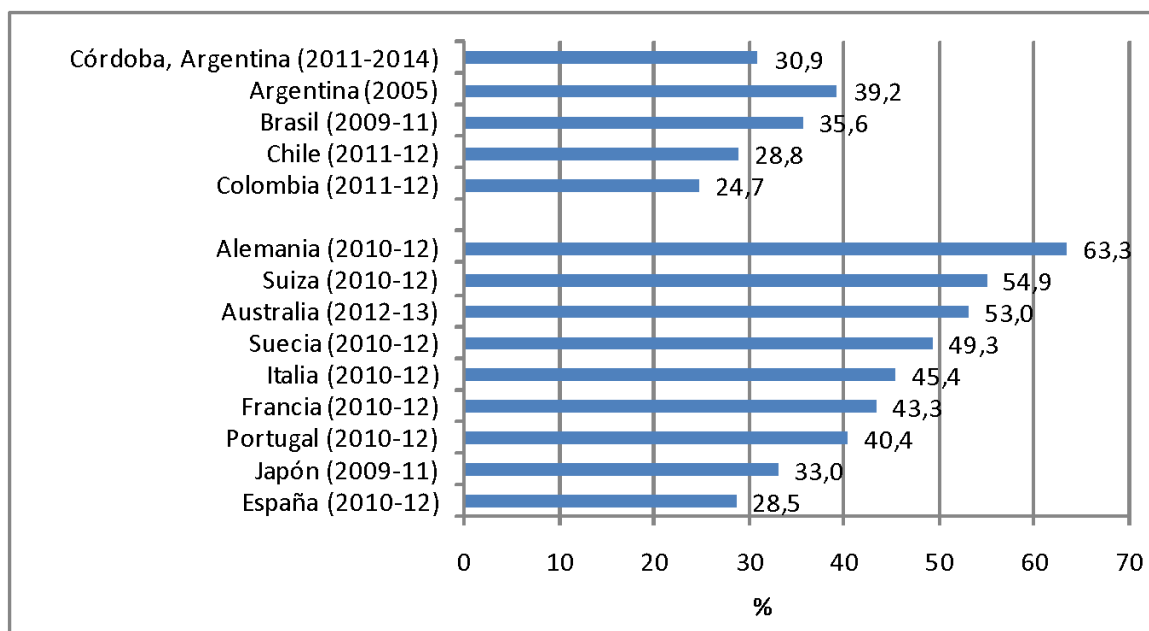
La Encuesta sobre Innovación y Conducta Tecnológica (EIT) cuyo objetivo principal es el de obtener información para calcular indicadores de innovación, investigación y desarrollo (I+D) y sobre el uso de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TICs), comenzó a realizarse a nivel nacional en el año 1997 recabando información del período 1992-1996. La serie nacional continuó con informes referidos a los períodos 1998-2001, 2002-2004, 2005 y 2006.

En el marco de la producción de estadísticas económicas oficiales a nivel de la Provincia de Córdoba, desde finales del año 2009 la Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia comenzó a trabajar en el diseño, implementación y puesta en marcha de la Encuesta de Innovación y Conducta Tecnológica. La misma permitió contar con datos con representatividad para la provincia. El formulario utilizado es similar al de la Encuesta Nacional sobre Innovación y Conducta Tecnológica realizada por INDEC de manera de facilitar la comparación con los datos nacionales. El relevamiento de campo es realizado con periodicidad anual a empresas del sector, distribuidas en todo el territorio provincial.

Tanto la encuesta nacional, como la realizada a nivel provincial, responden a los conceptos y recomendaciones contenidos en los Manuales Frascati y Oslo de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y en el Manual de Bogotá de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), los cuales son una base ineludible para la orientación de los ejercicios de medición de las actividades innovativas. Adicionalmente, el respeto por las definiciones contenidas en los manuales mencionados permite la comparabilidad internacional de los indicadores.

Como puede observarse en el gráfico 1, en la Provincia de Córdoba el índice de innovación en empresas manufactureras, definido como la proporción de empresas que lograron innovaciones en productos y/o procesos (pudiendo haber logrado o no resultados en organización y/o comercialización), fue en promedio durante el período analizado del 30,9%. Si bien este valor es superior a la proporción de empresas innovadoras en Chile, en Colombia, se encuentra por debajo del valor nacional, de Brasil y de la mayoría de los países miembros de la OECD.

Gráfico 1: Proporción de firmas manufactureras que lograron innovaciones en productos y/o procesos.



Fuente: Córdoba, Argentina: Encuesta Provincial de Innovación y Conducta Tecnológica 2011-2014, Dir. Gral. De Estadística y Censos Córdoba. Argentina: Encuesta Nacional de Innovación y conducta Tecnológica, Resultados año 2005 – INDEC. Resto de los países: OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015 - © OECD 2015

METODOLOGIA

Muestra y variables

El análisis empírico se realiza utilizando información de la “Encuesta sobre innovación y conducta tecnológica de la Provincia de Córdoba”, del período 2011-2014. La encuesta es llevada a cabo por la Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia de Córdoba y posee representatividad provincial para la rama de actividad industria manufacturera. Del total de observaciones disponibles se armaron dos muestras. Una “*muestra de entrenamiento*” para realizar el ajuste del modelo, compuesta por las empresas para las cuales se cuenta con información completa de los cuatro años (327 empresas), y una “*muestra de validación*” para realizar inferencia sobre nuevos datos (115 empresas).

Los datos utilizados son las observaciones y mediciones presentadas por cada empresa a través del tiempo, constituyendo un panel de datos (longitudinales). Estos cuentan con una estructura jerárquica (empresas medidas repetidamente en el tiempo), sin cumplirse el supuesto de independencia, induciendo a utilizar modelos mixtos. Estos modelos estiman los efectos fijos y predicen los efectos aleatorios para cada empresa que constituye la muestra.

Para identificar los principales determinantes de la innovación en las empresas bajo estudio se utiliza un modelo logístico mixto donde la variable respuesta considera si la empresa logró nuevos productos y/o procesos o mejoras significativas novedosos para el mercado nacional y/o internacional, la cual es binaria e indica el grupo al que pertenece la empresa (innova= 1 /

no innova=0). En tanto las variables predictoras son indicadores vinculados a la estructura y características de las firmas, y a su relación con el sistema nacional de innovación. (Cuadro 1).

Cuadro 1: Variables incluidas en el modelo

Variable	Descripción
<i>Variable dependiente:</i> Innova	1, si la empresa logró nuevos productos y/o procesos o mejoras significativas, novedosos para el mercado nacional y/o internacional; 0, en caso contrario
<i>Variables predictoras relacionadas a la empresa:</i>	
Ocupados	Personal ocupado en la empresa. En logaritmo.
Prof_rrhh	Proporción de profesionales sobre el total del personal.
Gtoinn_yta	Proporción del monto gastado en actividades de innovación en relación a las ventas totales.
Exporta_10	1, si la empresa realiza ventas al exterior (> 10% de las ventas totales), 0, caso contrario.
<i>Variables predictoras relacionadas al SNI:</i>	
Fondos_Progofic	1, si la empresa utilizó fondos de programas oficiales de promoción de la innovación, 0, caso contrario.
Vincula_pub	1, si la empresa realizó alguna actividad de vinculación con entidades públicas del sistema de innovación nacional (Universidades, INTI, INTA, CONICET, otros organismos gubernamentales), 0, caso contrario.

Modelo aplicado

Como se ha mencionado, la variable respuesta es binaria e indica si la empresa innova o no lo hace y las variables predictoras son las detalladas en el cuadro 1. Los problemas con respuesta dicotómica son modelados usualmente a través de la Regresión Logística, donde la probabilidad de que la variable respuesta (y_i) asuma el valor 1, suponiendo sólo una variable independiente (x_i) es:

$$\Pr(y_i = 1 / x_i) = h(\beta_0 + \beta_1 x_i) \quad i = (1, 2, \dots, n) ,$$

El modelo logístico supone que las respuestas son independientes dadas estas variables, por lo que resulta apropiado cuando los datos no tienen ningún tipo de agrupamiento. Este requisito no se cumple en esta aplicación, ya que la estructura de los datos introduce dependencia en las respuestas múltiples dentro de cada unidad (varias mediciones anuales de una misma empresa), dadas las variables independientes.

Esta situación se resuelve con el modelo logístico mixto, en el que se distinguen efectos fijos y aleatorios. Los fijos tienen como finalidad comparar los resultados de la variable

dependiente para los distintos valores de las independientes, mientras que los efectos aleatorios analizan la variabilidad no explicada por la respuesta. La estructura del modelo es:

$$Y_{ij} = \mathbf{X}'_{ij} \mathbf{Z} + \mathbf{b}'_{ij} + e_{ij}$$

Donde el primer término hace referencia a los efectos fijos, cuyo vector $\mathbf{\beta}$ está formado por los parámetros de las variables independientes (\mathbf{X}_i) que se estiman, el segundo término corresponde a los efectos aleatorios (\mathbf{b}), con su matriz de diseño (\mathbf{Z}_i) que poseen distribución normal donde se explicita una estructura de varianza (G)

$$\mathbf{b}_j \sim N(\mathbf{0}, G)$$

y por último, el término de error asociado a todo modelo.

En este trabajo, el modelo que se aplica, contiene un efecto aleatorio, que está dado por la empresa (intercepto aleatorio) (Rabe-Hesketh y Skrondal, 2008), el que posee la siguiente estructura:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_{1ij} + \beta_2 X_{2ij} + \dots + \beta_k X_{kij} + b_j + \varepsilon_{ij}$$

Reemplazando, cada variable, según lo especificado en el Cuadro 1, el modelo es:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ocupados} + \beta_2 \text{Prof_rrhh} + \beta_3 \text{Gtoinn_vta} + \beta_4 \text{Exporta_10} + \beta_5 \text{Fondos_Progofic} + \beta_6 \text{Vincula_}$$

El efecto aleatorio posee distribución normal con media cero y matriz de covarianzas independiente. En estos modelos los efectos aleatorios son estimados individualmente para cada empresa, por lo que no es posible hacer predicción directamente para el caso de nuevas unidades, pues no se conocen esos valores. A comienzos de la segunda década del 2000 fueron estudiados y presentados diversos métodos que permiten predecir los efectos aleatorios para datos nuevos. Tamura y Giampaoli (2011, 2013) proponen diferentes alternativas comparando su performance mediante estudios de simulación y de aplicación en problemas del área de marketing.

En el presente trabajo se aplican los métodos del mejor predictor empírico (EBP) y el método del vecino más cercano. El primero, se basa en la esperanza condicional del efecto aleatorio para hacer la predicción de la respuesta, supone normalidad de los efectos aleatorios y tiene la propiedad de minimizar el error cuadrático medio de la predicción. El método del vecino más cercano está basado en la técnica no paramétrica de clasificación supervisada. Para la predicción de los efectos aleatorios de las nuevas empresas (muestra de validación) se consideran los valores conocidos de estos efectos de sus vecinos más cercanos (muestra de entrenamiento). Al tratarse de una variable continua es necesario considerar alguna medida de centralidad (media, mediana, u otra) para realizar la imputación del valor correspondiente. Se selecciona la cantidad de vecinos a considerar de manera que se maximice la performance de

predicción del modelo mixto. La ventaja del método es que no requiere de ninguna distribución para los efectos aleatorios (Tamura, et al, 2013).

Los datos fueron procesados con el programa R versión 3.3.1¹.

RESULTADOS

Como puede observarse en el Cuadro 2, en el año 2011, la muestra de entrenamiento posee un 30,6% de empresas que lograron resultados de sus esfuerzos innovadores, consiguiendo mejoras significativas y/o nuevos productos y/o procesos novedosos para el mercado nacional o internacional. Este indicador tuvo una disminución en 2012 (27,5 %) mejorando en los años 2013 (34,9%) y 2014 (34,3%). A pesar de la mejora de los últimos años, la proporción de empresas innovadoras aún se encuentra por debajo de la registrada a nivel nacional en el año 2005, donde 39,2% de las empresas encuestadas había logrado innovaciones de este tipo.

Cuadro 2: Proporción de empresas innovadoras

Innova	2011	2012	2013	2014
No	69,4%	72,5%	65,1%	65,7%
Si	30,6%	27,5%	34,9%	34,3%

Como se muestra en el siguiente cuadro (Cuadro 3), en cuanto a la actividad exportadora, el 29,8% de las empresas innovadoras vende al menos el 10% de su producción en mercados extranjeros. En lo referido al uso de recursos de programas oficiales de promoción de la innovación el 20,0% de las empresas innovadoras los han utilizado. El 48,6% de las empresas innovadoras declararon haber tenido algún tipo de vinculación con instituciones públicas del sistema nacional de innovación, ya sean acuerdos cooperativos con participación activa o intercambio formal o informal de información. En tanto de las empresas no innovadoras, el 10,1% mantuvieron algún tipo de vinculación con estas instituciones.

Cuadro 3: Comportamiento de las variables predictoras categóricas, porcentaje fila

Innova	Exporta_10		Fondos_Progofic		Vincula_pub	
	No	Si	No	Si	No	Si
No	85,5	14,5	94,6	5,4	89,9	10,1
Si	70,2	29,8	80,0	20,0	51,4	48,6

Las empresas innovadoras son en promedio de mayor tamaño que las no innovadoras, medido por la cantidad de ocupados en la empresa (Cuadro 4). Las primeras poseen 498 empleados promedio mientras que las no innovadoras tienen una planta de personal promedio de 97 personas. Respecto a la formación de los recursos humanos, aquellas empresas que obtuvieron

¹ R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

innovaciones en productos y/o procesos tienen en promedio 13,7% de profesionales en su planta de personal, en tanto las no innovadoras tienen el promedio 9,1% de profesionales.

Las empresas innovadoras realizaron gastos promedio en actividades de innovación endógena y/o exógena del orden del 3,5% de sus ventas, en tanto las no innovadoras invirtieron en promedio el 1,6% de sus ventas.

Cuadro 4: Características de las variables predictoras numéricas

Innova	Ocupados		Prof_rrhh		Gtoinn_vta	
	No	Si	No	Si	No	Si
Media	97	498	9,1	13,7	1,6	3,5
Desv. Est.	262,6	1250,4	16,6	18,6	7,2	5,7
Mediana	21,5	98,5	4,2	8,2	0	1,7
Mínimo	1	3	0	0	0	0
Máximo	5115	11133	100	100	97,9	56,9

Aplicando el modelo logístico mixto (Cuadro 5), se determinan qué variables resultaron significativas para explicar la innovación de las empresas.

Como efecto aleatorio, se consideró la empresa, ya que en algunos períodos ha innovado y en otros no, lo que resultó significativo (p – value: 0, 0000). Es decir, que existe efecto empresa para explicar la mayor proporción de la heterogeneidad inducida por los datos, lo que justifica su inclusión como coeficiente aleatorio.

Resultan factores significativos en la probabilidad de innovar de las firmas:

El tamaño (medido con la cantidad de personal ocupado) (Ocupados), lo que confirma una de las hipótesis atribuidas a Schumpeter según la cual la innovación aumenta de forma más que proporcional con el tamaño de la empresa. Las economías de escala relacionadas a la producción de I+D y la diversificación de I+D el mayor acceso al financiamiento y una mejor apropiación de la difusión de conocimientos externos permiten a las empresas más grandes un mejor posicionamiento para aprovechar inversiones para innovación (Crespi y Zúñiga, 2012).

La proporción de profesionales sobre el total de personal (Prof_rrhh) y la proporción del monto gastado en actividades de innovación (Gto_inn) también son significativas, al 10%, esta última, es decir que las empresas con recursos humanos más capacitados y que invierten mayor proporción de sus ventas en actividades de innovación endógenas y/o exógenas poseen mayor probabilidad de obtener resultados innovadores. Se espera que la capacitación de los recursos humanos de la empresa incremente la capacidad de absorción de la firma y la acumulación de habilidades innovativas (Cohen y Levinthal, 1989, 1990).

Para estas tres primeras variables, ante cambios unitarios en cada una de ellas, la chance de aumento en la innovación es del 84,4%, 2,1% y 3,5% respectivamente.

La utilización de fondos de programas públicos de innovación (Prog_ofic) y la existencia de actividades de vinculación con instituciones públicas (Vincula_pub) también resultaron

significativas, lo que acuerda con la perspectiva sistémica según la cual la interacción entre firmas y diversas instituciones son factores fundamentales en el éxito del proceso innovador de las empresas (Albornoz et al., 2005).

Cuadro 5: Parámetros fijos y aleatorios estimados

Efectos Fijos	Coefficiente	Error Estándar	p-value	Odd Ratios variables significativas
Ocupados	0,61206	0,11656	0,000	1,844
Prof_rrhh	0,02123	0,00688	0,002	1,021
Gto_inn	0,03395	0,01792	0,058	1,035
Exporta_10	0,14421	0,35781	0,687	1,155
Prog_ofic	1,04023	0,38582	0,007	2,830
Vincula_pub	1,83744	0,29762	0,000	6,280
Constant	-4,68941	0,50965	0,000	
Efecto Aleatorio	Varianza	Error Estándar	LR test vs. Regresión logística Pr(Chibar2)	
Empresa	5,156	2,271	0,0000	

Para analizar la capacidad predictiva del modelo consideramos las medidas de sensibilidad, especificidad y porcentaje de clasificación correcta. La sensibilidad mide la proporción de empresas innovadoras (innova=1) que efectivamente fueron clasificadas como tal por el modelo, en tanto la especificidad mide la proporción de empresas identificadas correctamente como no innovadoras. Como se observa en el Cuadro 6 se obtuvieron excelentes medidas de la performance del modelo logístico mixto como herramienta predictiva para las empresas de la base de entrenamiento (punto de corte 0,41).

Cuadro 6: Capacidad predictiva del modelo en empresas de la base de entrenamiento

Especificidad	91,26%
Sensibilidad	83,89%
Precisión	88,91%

Podemos preguntarnos si es posible estimar la probabilidad de innovar en empresas que no formaron parte del ajuste del modelo. Para responder esto consideramos un grupo de 115 empresas, de las cuales 20 (17%) obtuvieron resultados innovadores (base de validación). Para estas empresas “nuevas” no se conoce el valor del efecto aleatorio, por lo cual es necesario aplicar algún método de predicción de los mismos. En el cuadro 7 se pueden observar los resultados correspondientes a los dos métodos aplicados, EBP y vecino más cercano. Si bien con ambos métodos se lograron buenas medidas respecto a la capacidad predictiva del modelo, la precisión fue mayor mediante el método del vecino más cercano, el cual no exige normalidad de las variables.

Cuadro 7: Capacidad predictiva del modelo en empresas de la base de validación

	Mejor predictor empírico (EBP)	Vecino más cercano
Especificidad	84,21%	95,79%

Sensibilidad	100%	75,0%
Precisión	86,96%	92,17%

CONCLUSIONES

La consideración de técnicas econométricas modernas propicia el mayor aprovechamiento de los datos provenientes de encuestas específicas de innovación. En el presente trabajo se han analizado diferentes factores considerados en la literatura teórica y empírica que inciden sobre la probabilidad de obtener mejoras significativas y/o nuevos productos y/o procesos.

De los resultados obtenidos y siguiendo lo que la literatura indica, en las empresas manufactureras de la provincia de Córdoba, las variables relacionadas a la empresa, como el tamaño de la firma, tener personal con mayor nivel de capacitación, destinar recursos a actividades en innovación interna y/o externa, provocan que éstas tengan más chance de ser innovadoras.

Respecto a los resultados en lo sistémico, se confirma la importancia de contar con programas oficiales de promoción de la innovación y un mayor desarrollo de los vínculos con instituciones públicas que puedan colaborar con acciones concretas en ésta área.

En cuanto a los métodos aplicados para la predicción del efecto aleatorio para empresas nuevas, se obtuvieron mejores resultados en la inferencia sobre la probabilidad de innovación con la aplicación del método del vecino más cercano.

La modelación de estos complejos procesos resulta crucial y tiene fuertes implicancias para el desarrollo de políticas públicas de innovación, posibilitando la detección oportuna de factores estructurales, sectoriales o sistémicos sobre los cuales focalizarse, ya que permiten detectar las variables más influyentes y medir sus impactos.

Bajo la hipótesis de que la innovación tecnológica es el factor clave que permitiría el logro simultaneo de diversos objetivos como mejoras en la productividad, en la situación ambiental y la competitividad, se espera poder avanzar en estudios futuros sobre la relación entre innovación, cuidado del medio ambiente y desarrollo económico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albornoz, M., Estébanez, M. E., & Alfaraz, C. (2005). Alcances y limitaciones de la noción de impacto social de la ciencia y la tecnología. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 2(4), 73-95.

Arias Ortiz, E., Crespi, G., Tacsir, E., Vargas, F., Zuñiga, P. (2013). Innovación para el desempeño económico: el caso de las empresas en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo, Nota Técnica 494.

Benavente Hormazábal, J. M. (2002). The Role of Research and Innovation in Promoting Productivity in Chile. Documento de Trabajo 200. Departamento de Economía. Universidad de Chile.

Benavente Hormazábal, J. M. (2005). Investigación y desarrollo, innovación y productividad: un análisis econométrico a nivel de la firma. *Estudios de Economía*, Vol. 32, N° 1, junio, pp. 39-67.

Callon, M., 1992. The dynamics of techno-economic networks. Loombs, R., Saviotti, P., alsh, V. (Eds.), *Technical Change and Company Strategies*. Academy Press, London.

Carlsson, B. and Stankiewicz, R. (1995): "On the nature, function and composition of technological systems". In: Carlsson, B. (ed.): *Technological Systems and Economic Performance: The Case of Factory Automation*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, pp. 21-56.

Cassoni, A., & Ramada-Sarasola, M. (2010). Innovation, R&D investment and productivity: Uruguayan manufacturing firms.

Chudnovsky, D.; Lopez, A. y Pupato, G. (2004). Innovation and Productivity in Developing Countries: A study of Argentine Manufacturing Firms' Behaviour (1992-2001). Documento de Trabajo 1878, Asociación Argentina de Economía Política, Buenos Aires, 29p.

Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: the two faces of R & D. *The economic journal*, 99(397), 569-596.

Cooke, P., Uranga, M. G., & Etxebarria, G. (1997). Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. *Research policy*, 26(4), 475-491.

Crepon, B., Duguet, E. & Mairesse, J. (1998). "Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level." *Economics of Innovation and New Technology* 7(2): 115-58.

Crespi, G. y Zuñiga, P. (2010). Innovation and productivity: evidence from six Latin American countries. En: IDB working paper, N.º 218, 38p.

De Ciencia, R. I. D. I., Jaramillo, H., Lugones, G., & Salazar, M. (2001). *Manual de Bogotá: normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe*. RICYT.

Edquist, C. (1997). *Systems of innovation: technologies, institutions, and organizations*. Psychology Press.

Fransman, M. (1985). Conceptualising technical change in the Third World in the 1980s: An interpretive survey. *The Journal of Development Studies*, 21(4), 572-652.

Freeman, W. J. (1987). Simulation of chaotic EEG patterns with a dynamic model of the olfactory system. *Biological cybernetics*, 56(2-3), 139-150.

Griffith, R., E. Huergo, J. Mairesse y B. Peters. (2006). "Innovation and Productivity across Four European Countries." *Oxford Review of Economic Policy* 22(4): 483-98.

Hughes, T.P., 1984. The evolution of large technological systems. In: Bijker, W., Hughes, T., Pinch, T. (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems*. MIT Press, Cambridge.

- Levin, R. C., Klevorick, A. K., Nelson, R. R., Winter, S. G., Gilbert, R., & Griliches, Z. (1987). Appropriating the returns from industrial research and development. *Brookings papers on economic activity*, 1987(3), 783-831.
- Lundvall, B. A. (1992). *National systems of innovation: An analytical framework*. London: Pinter.
- Mairesse, J. y P. Mohnen. (2010). "Using Innovation Surveys for Econometric Analysis." NBER Working Papers 15857. Cambridge, Estados Unidos: Oficina Nacional de Investigación Económica.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research policy*, 31(2), 247-264.
- Malerba, Franco (2005). "Industrial dynamics and innovation: progress and challenges." Presidential address delivered at the 32nd conference of the European association for research in industrial economics (EARIE).
- Milesi, D.; Petelski, N.; Verre, V. (2011). "The determinants of innovation:evidence from Argentine manufacturing firms". Universidad Nacional de General Sarmiento. Documento de Trabajo N°3/2011.
- Nelson, R. R. (Ed.). (1993). *National innovation systems: a comparative analysis*. Oxford university press.
- OECD (2005). *Oslo Manual - The Measurement of Scientific and Technological Activities*. 3rd edition. Guidelines for collecting and interpreting innovation data. Paris, Francia. OECD.
- Pavitt, K., Robson, M., & Townsend, J. (1989). Technological accumulation, diversification and organisation in UK companies, 1945–1983. *Management Science*, 35(1), 81-99.
- Rabe-Hesketh S. and Skrondal A. (2008) *Multilevel and Longitudinal Modeling Using Stata*. Stata Press.
- Romo, D., & De Titto, P. H. (2006). Los determinantes de las actividades tecnológicas en México. *Serie de Documentos de Trabajo en Ciencia y Tecnología*, CIDE.
- Rosenberg, N. (1974). Science, invention and economic growth. *The Economic Journal*, 84(333), 90-108.
- STATA CORP. (2015). *Stata Statistical Software: release 13.0*. College Station, Texas: Stata Corporation.
- Schmookler, J. (1962). Economic sources of inventive activity. *The Journal of Economic History*, 22(01), 1-20.
- Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, socialism and democracy*, New York, Harper.
- Tamura, K.A., Giampaoli, V. y Noma, A. (2011). Prediction for an observation in a new cluster for mixed Logistic Regression considering k random coefficients. In: 26th International Workshop on Statistical Modelling. Vol. 1, pp. 593-596.
- Tamura, K.A. y Giampaoli, V. (2013). New prediction method for the mixed logistic model applied in a marketing problem. *Computational Statistics & Data Analysis*, v. 66, 202-216, 201.

Tamura, K.A., Giampaoli, V. y Noma, A. (2013). Nearest Neighbors Prediction Method for mixed logistic regression. In: 28th International Workshop on Statistical Modeling, Palermo, 799-802.

Yoguel, G., Novick, M., Milesi, D., Roitter, S., & Borello, J. (2004). Información y conocimiento: la difusión de las Tic en la industria manufacturera argentina. Cepal Review, 139-156.