

Vocación innovadora en Pymes mexicanas: análisis regional con perspectiva de género

Saúl Alfonso Esparza-Rodríguez,

Enrique Esquivel-Fernández,

Laura Giovanna Tapia-García

Resumen: El presente estudio presenta un modelo de clasificación para el indicador de vocación innovadora regional con perspectiva de género considerando variables relativas de procesos de capacitación, la educación superior de los administradores y el género del personal directivo y de supervisión. Los datos se obtuvieron de la Encuesta Nacional de Productividad y Competitividad Empresarial (ENAPROCE) de INEGI 2018, y el análisis se realizó utilizando una arquitectura de modelo de redes neuronales artificiales con perceptrones multicapa (funciones matemáticas ponderadas para determinar factores relevantes), un re-escalamiento estandarizado, con aprendizaje supervisado mediante una partición del 60% para el entrenamiento, 30% para la prueba y 10% en espera, con dos capas ocultas y función de activación de tangente hiperbólica. Los resultados muestran un porcentaje correcto para predecir el nivel de vocación innovadora de 87% para el conjunto de entrenamiento, 76.9% para el porcentaje de pruebas y 79.2% para la reserva, con un área bajo la curva ROC (fiabilidad del modelo de clasificación) superior a 89%. Se concluye que contar con mujeres en puestos

Saúl Alfonso Esparza-Rodríguez. Candidato a doctor en Administración, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. Cel. 56 27 13 04 86. Gral. Francisco J. Múgica S/N, Felicitas del Río, 58030 Morelia, Mich. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9900-6159>.

Enrique Esquivel-Fernández. Doctor, Asesor General en el Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. Ciudad de México, México.

Laura Giovanna Tapia-García. Doctorante en Administración. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. Gral. Francisco J. Múgica S/N, Felicitas del Río, 58030 Morelia, Mich.

Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública, vol. 14, núm. 31, julio-diciembre de 2021, pp. 67-102. Fecha de recepción: 25 de octubre de 2021. Fecha de aceptación: 10 de noviembre de 2021.

directivos y de supervisión, participar en procesos de capacitación y tener educación superior son variables importantes para predecir la vocación innovadora de las empresas mexicanas.

Palabras clave: redes neuronales artificiales, vocación innovadora regional, diversidad de género, Mipymes, México.

Innovative vocation in Mexican SMES: Regional analysis with gender perspective

Abstract: This research shows a classification model for the regional innovative vocation index with gender perspective, considering variables relatives to training, higher education level in managers, and gender of personnel in directive and supervisor level. Data was obtained from ENAPROCE of INEGI 2018, and the analysis was performed using an artificial neural network model architecture with multilayer perceptron, with standardized re-scaling, supervised learning using a 60% partition for training, 30% for testing and 10% for validation, 2 hidden layers and using a hyperbolic tangent function. Results show a percentage to predict the innovative vocation regional level of 87% for training group, 76.9% for testing and 79.2% for validation, with a ROC curve of 89%. With that evidence, the conclusion argument that having women in directive and supervision position, training and having high education people in directive positions are relevant variables to predict the innovative vocation performance in Mexican SMES.

Keywords: artificial neuronal network, regional innovative vocation, gender diversity, SMES, Mexico.

Introducción

La *innovación* es un concepto ampliamente utilizado para referir un proceso de cambio orientado a mejorar características, condiciones, modelos de trabajo, competitividad o mejora continua de diversa naturaleza. En la interpretación clásica ofrecida por Schumpeter en 1934 se hace referencia a un cambio histórico e irreversible en la forma o método de producir las cosas, como base de una manera de destrucción creativa (Dalfovo, Hoffmann y Lazzarotti, 2011).

De acuerdo con esta definición técnica del cambio como una práctica que se realiza por medio de la implementación de productos que son nuevos para los consumidores, o que presentan

mayor calidad que la competencia, se añade el establecimiento de métodos de producción nuevos para la industria y actividades económicas específicas, así como la apertura de nuevos mercados o la adaptación de nuevas formas de competencia que conducen a cambios estructurales en las industrias (Kotsemir y Abroskin, 2013).

Por ello la innovación se asume como un fenómeno multifacético que presenta una tipología muy variada: por ejemplo, por su grado de novedad puede ser radical, incremental y adaptativa; de acuerdo con su impacto económico, básica y aplicada (Moyeda y Arteaga, 2016).

En México la innovación ha representado una actividad en la que se han involucrado empresas e industrias de diversos tamaños. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en 2014 un total de 1,387 empresas realizaron actividades de investigación y desarrollo tecnológico (IDT) intramuros, mientras que para 2016 aumentó a 2,099 empresas, lo que representó un crecimiento del 51.3%. En 2014 se registraron 19,519 personas dedicadas a actividades de IDT en las empresas del sector productivo, mientras que en 2016 se registraron 32,857: 17,200 investigadores y tecnólogos (52.3%); 10,564 técnicos y personal equivalente (32.2%), y 5,094 personas de apoyo administrativo (15.5 por ciento).

La estadística oficial muestra que en el periodo 2014-2015 un total de 2,857 empresas del sector productivo llevaron a cabo al menos un proyecto de innovación en productos (bienes o servicios) o procesos (incluye métodos); además, en 2016 se incrementaron a 3,293 las empresas que apostaron a la innovación de sus productos o procesos, lo que significó un aumento de 375 empresas, equivalente a un incremento de 15.3%. Por su parte, en el periodo 2014-2015 los ingresos de las empresas derivados de la venta de nuevos productos fueron equivalentes a 19.6%, mientras que para 2016 fueron de 21.8 por ciento (INEGI, 2017).

En ese orden de ideas, aquellos factores que son relevantes para la implementación y desarrollo de procesos y actividades relacionadas con la innovación son variados y característicos en distintas regiones, cubriendo un rango que incluye factores tanto internos

(bajo el control de la gestión de la empresa tal como el modelo de negocios, modelo de producción, capacidad de innovación, recursos financieros y humanos), como externos (fuera del control inmediato de la gestión empresarial tales como las actividades de clientes, competidores y proveedores, el mercado de trabajo, el entorno legal, normativo, competitivo y las condiciones económicas) (OECD y Eurostat, 2018).

Tomando en cuenta el marco contextual presentado en términos de la creciente participación de la mujer en todos los ámbitos productivos, esta investigación busca dar respuesta a la siguiente pregunta: *¿Cuál es la relevancia del género, la educación superior, la capacitación y la región en la vocación innovadora de las Pymes mexicanas?*

Revisión de la literatura

La innovación constituye un objeto de estudio ampliamente abordado en la literatura científica, como es posible determinar mediante una inspección visual en la base de datos de *Scopus*, debido a que al utilizar dicho concepto como palabra de búsqueda se obtienen 458,305 resultados, en su mayoría artículos científicos, pero también incluyen documentos como libros, capítulos de libros, presentaciones en congresos, encuestas de investigación, entre otros; el mismo repositorio muestra que el primer artículo registrado data de 1857, manteniendo una tendencia positiva desde ese año hasta la fecha y presentando un incremento radical en 2020, que representa el pico de la tendencia con 35,986 documentos registrados.

Dado lo anterior, el concepto de innovación ha evolucionado con el paso del tiempo, incluyendo la implementación exitosa de ideas creativas, la búsqueda intencional de cambios orientados a mejorar el desempeño de una o diversas funciones de las organizaciones, o incluso referentes a cualquier idea, material o artefacto percibidos como nuevos por la unidad relevante de adopción (Amabile, 1988).

Considerando el desarrollo del concepto con el paso del tiempo, autores como Matos da Silva, Aparecida y Barbosa de Moraes (2016) proponen que el proceso en el que se desarrollan los modelos de innovación puede ser comprendido en seis generaciones considerando un lapso temporal de 1950 a la actualidad, que incluye enfoques relativos al empuje tecnológico, a la demanda de las necesidades del mercado, acoplamiento, modelos de integración en redes e innovación abierta.

A partir del desarrollo teórico asociado con el concepto, es posible encontrar algunos factores que impulsan la innovación relacionados con la estrategia de la organización, las relaciones con clientes y proveedores, la cultura innovadora y las capacidades tecnológicas (Kamasak, 2015); además del género (debido a la diferencia de perspectivas y aportación tanto de ideas creativas como de nuevos talentos) (Allagnat *et al.*, 2017), proximidad y relaciones cercanas con instituciones de educación superior (Oliveira *et al.*, 2017) (aportaciones que pueden ser interpretadas tanto como proveedores y como parte de la formación educativa del personal), la capacitación como motivante para mayor calidad y resultados en términos de innovación (Le Bas, Mothe y Nguyen Thi, 2012), además de considerar el efecto de los factores externos relacionados con las características regionales en donde se ubican las organizaciones (Aldrovandi, 2014).

Relación entre innovación y diversidad de género

En la literatura disponible sobre el tema, Ruiz-Jiménez y Fuentes-Fuentes (2015) proponen una revisión que presenta argumentos relacionados con las personas de género femenino como un factor humano que contribuye a la mejora de las habilidades de gestión, procesos en la toma de decisiones, mayor orientación hacia las personas, así como aspectos de participación democrática en la organización enfocado en la gestión a partir de la consulta con el personal, mediante lo cual se observan mejoras en las relaciones

sociales y la generación de ideas, fortaleciendo con ello la innovación en las organizaciones.

En ese mismo sentido, las personas del sexo femenino se han integrado en forma relevante en el mundo empresarial aportando habilidades, experiencias, conocimientos y perspectiva de género motivando con ello una mayor diversidad de opiniones y valores que contribuyen a una mejor comprensión del ambiente empresarial, y facilitando con ello la implementación de mejores estrategias organizacionales (Martínez *et al.*, 2013), en donde la diversidad de género representa un aspecto importante y beneficioso para las tareas de creatividad y resolución de problemas e innovación (Danilda y Thor-slund, 2011; Ostergaard *et al.*, 2011).

Innovación y variables relacionadas con el desarrollo de competencias profesionales (educación superior y capacitación)

La educación superior contribuye a la construcción y promoción de la cultura empresarial, creativa e innovadora, así como a cultivar valores, normas, reglas, actitudes, comportamientos y formas de pensar innovadoras, en donde la participación emprendedora representa un factor relevante para comprender y operar en una economía global, promoviendo la dignidad, libertad, eficiencia, seguridad y desarrollo económico (Popescu y Crenicean, 2012).

Es de esta manera que el desarrollo de habilidades profesionales a partir de los conocimientos obtenidos en niveles educativos superiores, además de la capacitación y habilitación para el desempeño de una actividad productiva determinada, fomenta la actitud personal y organizacional de participar en procesos relativos a la innovación (Obra, Rosa y Meléndez, 2010).

Por su parte, la capacitación en las organizaciones es un elemento relacionado con la innovación dada su importancia en aspectos como las actividades relativas a la creación de nuevas empresas o la apertura de nuevos mercados, el desarrollo y diseño de nuevos productos, la adquisición de tecnologías, accesibilidad, distribu-

ción e implementación del conocimiento y la tecnología, además de la mejora continua en las capacidades organizacionales (Maghe y Cincera, 2016).

Relación entre innovación y variables regionales

De acuerdo con la guía para la recolección e interpretación de datos sobre innovación propuesta en el Manual de Oslo, la consideración de subconjuntos a escala industrial o regional (también denominados como dominios o sub-poblaciones) permite obtener resultados con mayor grado de representatividad comparada, en donde los enfoques más frecuentes incluyen la determinación regional por niveles tales como entidades federativas, provincias, gobiernos locales, municipalidades, áreas metropolitanas, entre otros (OECD y Eurostat, 2018).

De esta manera, la innovación se determina por diversos factores, tanto internos (financieros, tamaño de la empresa, capacidades tecnológicas, preferencias del consumidor, económicos, culturales, habilidades de gestión, orientación de mercado, ventajas competitivas y capacidades de aprendizaje), como por las condiciones del contexto o región donde la organización se encuentra ubicada, en términos de las condiciones externas de la empresa, tales como los marcos de referencia institucionales, las redes sociopolíticas y factores de proximidad sociales y privados (Oleśków Szlapka *et al.*, 2017).

En seguimiento a lo anterior es razonable argumentar que las características regionales influyen en los resultados alcanzados por la empresa en materia de innovación en la medida en que tienen efectos la producción de conocimiento de la empresa (Llisterri y Pietrobelli, 2011).

Dado lo expresado en las referencias incluidas como soporte teórico y referencial, a continuación se explica el diseño de la investigación a partir de lo cual se busca aportar información relevante para validar un modelo multivariado que permita comprender la vocación innovadora de las Pymes mexicanas.

La importancia de las redes neuronales artificiales para analizar fenómenos sociales complejos

Las redes neuronales artificiales (RNA) son un modelo de cálculo inspirado por los sistemas neuronales biológicos introducidos por McCulloch y Pitts (1943), que consisten en un número grande de unidades elementales (neuronas artificiales) organizadas en capas de entrada, capas ocultas y capas de salida, en donde cada neurona en la red se caracteriza por pesos de entrada, un límite y una función de activación. Los pesos de ajuste conectan a las neuronas en diversas capas, de tal forma que una entrada particular lleva a una salida específica; de esta manera, en su forma más sencilla, las neuronas se encuentran conectadas, alimentando la red mediante un movimiento específico de los datos hacia adelante, desde los valores de entrada hacia las neuronas de salida (Jozanikohan *et al.*, 2015).

El uso de estos modelos es amplio gracias a la capacidad de aproximación de cualquier tipo de función dado un entrenamiento adecuado, razón por la cual sus principales funciones contemplan la predicción y clasificación (incluyendo desde aplicaciones industriales hasta análisis económicos); estas redes se caracterizan por incluir procesos de aprendizaje de la experiencia dado un conjunto de datos de entrada, con resultados estables y robustos frente a posibles variaciones.

Debido a que las redes neuronales son capaces de aprender de la experiencia y de abstraer características esenciales a partir de datos de entrada, son útiles en el desarrollo de investigaciones relacionadas con el aprendizaje adaptativo (mediante tareas basadas en entrenamiento) (Galán y Martínez, 2015); estas bondades permiten obtener resultados confiables en términos de predicción y clasificación, como los que se pretenden lograr a partir de los datos relativos a las variables de entrada, con objeto de ajustar un modelo predictivo que permita conocer el indicador de vocación innovadora como es el caso de las Pymes mexicanas.

Método

Base de datos utilizada

Los datos fueron obtenidos de la Encuesta Nacional de Productividad y Competitividad Empresarial 2018. Estos datos proporcionan información relacionada con las fuentes y condiciones de acceso al financiamiento, las cadenas productivas globales, las capacidades tecnológicas y de innovación, el ambiente de negocios y su regulación, así como del conocimiento de los apoyos gubernamentales.¹ Esta fuente de información es relevante para el presente estudio dado el nivel de detalle que la encuesta provee con respecto a la diversidad de variables que influyen en el desarrollo de las empresas mexicanas, mediante variables de naturaleza cuantitativa.

Índice de vocación innovadora regional

Ahora, con objeto de neutralizar el efecto de la cantidad de empresas acumuladas por entidad y por región, para contrastar proporciones entre innovaciones totales y número de empresas por entidad, en comparación con la entidad con mayor cantidad de innovaciones registradas (en este caso, la Ciudad de México), se sugiere el uso de la fórmula propuesta por Esparza et al. (2021):

$$\text{Vocación innovadora Regional} = \frac{\text{Cantidad de Innovaciones Entidad} / \text{Cantidad de empresas Entidad}}{\text{Cantidad de Innovaciones Frontera} / \text{Cantidad de empresas Frontera}} \quad [1]$$

La fórmula expresada previamente genera tres posibles interpretaciones, en donde un indicador mayor a la unidad representa una vocación innovadora mayor al estado frontera; un resultado cercano a la unidad es una vocación innovadora de acuerdo con lo esperado por cantidad de empresas establecidas que participan en actividades innovadoras, y un valor menor a la unidad representa una baja orientación hacia la vocación innovadora.

¹ Disponible en <https://www.inegi.org.mx/programas/enaproce/2018/>

Con ello se obtiene una variable categórica ordinal que permite diferenciar la vocación innovadora regional mediante una comparación proporcional de cada entidad federativa con un “estado frontera” que representará la base de comparación en términos de vocación innovadora por estados.

El perceptrón multicapa en las RNA

En lo que corresponde al perceptrón, el algoritmo correspondiente se debe al trabajo de Rosenblatt (1958), quien propone que el fundamento teórico se desarrolla en términos de un sistema nervioso hipotético (o máquina) denominado “perceptrón”, el cual es diseñado para ilustrar algunas propiedades fundamentales de los sistemas inteligentes en general, similares en cierto grado a los sistemas biológicos.

Así, el perceptrón representará un motor de cálculo que puede ser denominado como una “máquina lineal” debido al uso de hiperplanos para el algoritmo de clasificación, donde sea x un vector de entrada de valores binarios, o un escalar de salida y w un vector de ponderaciones (o coeficientes de aprendizaje, inicialmente conteniendo valores arbitrarios. De esta manera, el perceptrón calcula $o = \sum_j w_j x_j$, considerando además a θ como un valor límite determinado; entonces, si $o \geq \theta$, entonces el valor deseado será $o < \theta$ para el valor de entrada, siendo entonces que i se clasifica incorrectamente y, por tanto, se requerirá una modificación de los pesos y el límite para encontrar una clasificación correcta (ajustando entonces en $\theta \leftarrow \theta + 1$ para corregir la clasificación) (Murtagh, 1991).

En tanto que el algoritmo de retropropagación, propuesto por Rumelhart y McClelland (1986), citados en Gershenson (2003), se utiliza en neuronas artificiales organizadas en capas, las cuales envían información mediante señales hacia adelante, mientras que los errores de medición se propagan hacia atrás; de esta manera, la red recibe entradas de información en la “capa de entrada” y los resultados obtenidos de la información se encuentran dadas por las neuronas ubicadas en una capa de salida.

Continuando con la explicación provista por Gershenson (2003), la función de activación de las neuronas artificiales en las RNA implementando el algoritmo de retropropagación es una suma ponderada (la suma de las entrada x_i multiplicadas por sus ponderaciones respectivas w_{ji}):

$$A_j(\bar{x}, \bar{w}) = \sum_{i=0}^n x_i w_{ji}$$

En la fórmula anterior es posible observar que la activación de la neurona artificial depende exclusivamente de las entradas y las ponderaciones.

Dado el caso de que la función de salida llegue a ser la identidad (salida = activación), entonces es posible denominar a la neurona como lineal, aunque esta forma tiene importantes limitaciones. La función de salida más común es la función sigmoideal:

$$O_j(\bar{x}, \bar{w}) = \frac{1}{1 + e^{-A_j(\bar{x}, \bar{w})}}$$

La función sigmoideal es muy cercana a 1 para números positivos grandes, 0.5 para 0, y muy cercana a 0 para números negativos grandes. Esto permite una transición suave entre la salida alta y baja de la neurona artificial (cercano a cero o cercano a uno). Además, es posible observar que la salida depende exclusivamente de la activación, lo que a su vez depende de los valores de las entradas y sus respectivas ponderaciones.

Después de ello, la meta del proceso de entrenamiento es obtener la salida deseada cuando ciertas entradas son dadas. Debido a que el error es la diferencia entre la salida actual y la deseada, el error depende de los pesos, y por ello se deben ajustar los pesos para minimizar el error.

Por consiguiente, es posible definir la función de error para la salida de cada neurona:

$$E_j(\bar{x}, \bar{w}, d) = (O_j(\bar{x}, \bar{w}) - d_j)^2$$

Se toma el cuadrado de la diferencia entre la salida y el objetivo deseado debido a que siempre será positivo, y debido a que será mayor si la diferencia es grande, así como menor si la diferencia es pequeña. El error de la red simplemente será la suma de los errores de todas las neuronas en la capa de salida.

$$E(\bar{x}, \bar{w}, \bar{d}) = \sum_j (O_j(\bar{x}, \bar{w}) - d_j)^2$$

El algoritmo de retropropagación ahora calcula la forma en cómo el error depende de la salida, entradas y pesos. Por ello, es posible ajustar los pesos usando el método del gradiente descendente:

$$\Delta w_{ji} = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{ji}}$$

La fórmula anterior puede interpretarse en términos del ajuste de cada ponderación (Δw_{ji}), que será la negativa de la constante *eta* (η) multiplicada por la dependencia de las ponderaciones anteriores en el error de la red, la cual es derivada de E con respecto a w_j . El tamaño del ajuste dependerá de η , y en la contribución de la ponderación del error en la función. Esto es, si la ponderación contribuye demasiado al error, el ajuste será mayor en comparación a que si contribuye poco al error. Por tanto, [5] será utilizada hasta que se encuentre un peso apropiado (donde el error sea mínimo).

Por ello, para cumplir con la meta del algoritmo de retropropagación, es preciso calcular qué tanto el error depende de la salida, la cual es la derivada de E con respecto de O , de acuerdo con lo siguiente:

$$\frac{\partial E}{\partial O_j} = 2(O_j - d_j)$$

En consecuencia, determinar qué tanto de la capa de salida depende de la activación, lo que a su vez depende de las ponderaciones.

$$\frac{\partial O_j}{\partial w_{ji}} = \frac{\partial O_j}{\partial A_j} \frac{\partial A_j}{\partial w_{ji}} = O_j(1 - O_j)x_i$$

Entonces:

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ji}} = \frac{\partial E_j}{\partial O_j} \frac{\partial O_j}{\partial w_{ji}} = 2(O_j - d_j)O_j(1 - O_j)x_i$$

Y, por tanto, el ajuste correspondiente para cada ponderación será:

$$\Delta w_{ji} = -2\eta(O_j - d_j)O_j(1 - O_j)x_i$$

De esta manera, la arquitectura del modelo de RNA consiste en la organización y disposición de las neuronas formando capas o agrupaciones de neuronas más o menos alejadas de la entrada y salida de la red; por consiguiente, los parámetros fundamentales consideran tanto el número de capas, como el número de neuronas por capa, el grado de conectividad y el tipo de conexiones entre neuronas (Carlo, 2019).

Además, el cálculo a partir de perceptrones multicapa, que se basa en un procedimiento supervisado en donde la propia red construye un modelo basado en ejemplos en los datos con salidas conocidas (particiones de entrenamiento y prueba), en donde el perceptrón multicapa debe extraer esta relación tomando como base los ejemplos dados, asumidos como válidos en términos de la información necesaria para validar una relación determinada; a partir de ello, se le considera como un algoritmo de aprendizaje que es entrenado para minimizar los errores entre los valores objetivo deseados y los valores calculados por el modelo (Park y Lek, 2016).

Función de activación tangente hiperbólica o gaussiana seleccionada

Esta opción representa una función de activación no lineal que produce salidas en una escala comprendida de -1 a 1, caracterizada por ser una función continua, lo que permite obtener resultados para cada valor de x , y por ello se utiliza comúnmente como función de activación para capas ocultas. Asimismo, cuando se utiliza el perceptrón multicapa como un “modelo sustituto” (*Surrogate*

models), útil cuando un resultado de interés no puede ser medido en forma directa, se recurre al uso de modelos analíticos que imitan el comportamiento de entrada o salida en modelos complejos (Williams y Cremaschi, 2019; Schweidtmann y Mitsos, 2019).

De esta manera, para el presente trabajo se utiliza un modelo de RNA con aprendizaje supervisado mediante perceptrón multicapa con un algoritmo de retropropagación, aplicando una partición de 60% para el entrenamiento, 30% para la prueba y 10% en espera, dos capas ocultas y función de activación tangente hiperbólica; así, al definirse el diseño de la arquitectura del modelo determinado se procede con el desarrollo de la operacionalización correspondiente a las variables dependiente e independiente de estudio, de acuerdo con la Tabla 1.

En la tabla se presentan variables de distinta naturaleza, considerando tanto variables cualitativas categóricas ordinales y nominales, así como cuantitativas en el diseño del modelo, aprovechando la versatilidad de los modelos de RNA, en términos de la posibilidad de realizar un análisis multivariado con amplia diversidad en los datos de análisis.

Resultados

Análisis descriptivo regional de la innovación en México

En primera instancia, con base en los datos obtenidos de la ENA-PROCE, se analiza el total de innovaciones registradas por entidad federativa, mediante el uso de un diagrama de cajas y bigotes, que permitirá comparar a los diversos estados de México en términos del número de innovaciones realizadas por las empresas establecidas respectivamente, en donde es posible observar que la Ciudad de México destaca como la principal entidad que muestra la mayor cantidad de innovaciones, como se muestra a continuación.

En la figura siguiente podemos observar que entidades como la Ciudad de México y Jalisco tienen una notable actividad innovadora superior en comparación con otros estados, en donde incluso el

Tabla 1. Operacionalización del modelo de variables del estudio

<i>Denominación</i>	<i>Variable</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Tipo</i>	<i>Operacionalización</i>
Vocación innovadora regional	Dependiente	Innovación	Categoría ordinal	Representada por una variable categórica ordinal (baja, media y alta), vocación innovadora a nivel regional, considerando la "región fronterera" a la Ciudad de México como base de comparación.
Región	Independiente	Factores regionales	Categoría nominal	Regiones a las que pertenecen cada una de las entidades federativas, clasificadas en 8 (Centro norte, Centro sur, Este, Noroeste, Noroeste, Oeste, Sureste, Suroeste).
Educación superior	Independiente	Capital humano	Cuantitativa	Comprende el número de personas que cuentan con niveles educativos de licenciatura o ingeniería, especialidad y posgrado.
Capacitación con externos	Independiente	Capital humano	Cuantitativa	Incluye el caso en el cual se contratan capacitadores externos o se realizan convenios con universidades o centros educativos y de capacitación técnica.
Mujer en cargos directivos y de supervisión	Independiente	Perspectiva de género	Cuantitativa	Cantidad de personas del sexo femenino que desempeña labores ejecutivas, de planeación, organización, dirección, control e inspección del trabajo realizado por el personal operativo.
Hombre en cargos directivos y de supervisión	Independiente	Perspectiva de género	Cuantitativa	Cantidad de personas del sexo masculino que desempeña labores ejecutivas, de planeación, organización, dirección, control e inspección del trabajo realizado por el personal operativo.

Fuente: Elaboración propia (2021).

Tabla 2. Regiones de la República Mexicana

<i>Entidades federativas</i>	<i>Región</i>
Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas	Centro norte
Ciudad de México, Estado de México, Morelos	Centro sur
Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Veracruz	Este
Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas	Noreste
Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Durango, Sinaloa, Sonora	Noroeste
Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit	Oeste
Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán	Sureste
Chiapas, Guerrero, Oaxaca	Suroeste

Fuente: Elaboración propia (2021).

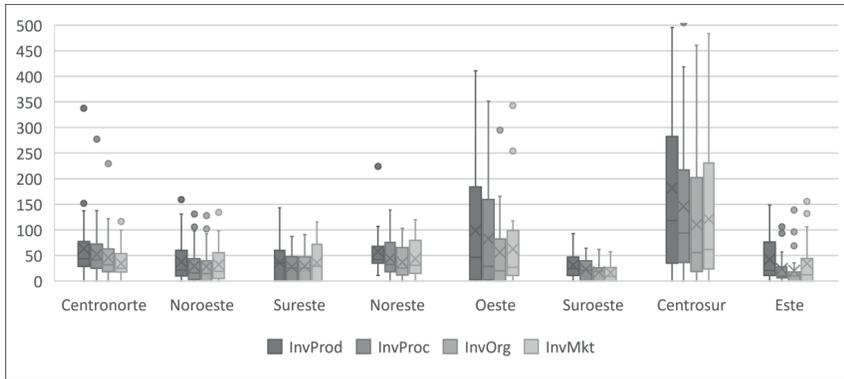
claramente con mayores indicadores; comparativamente, la región suroeste (compuesta por Chiapas, Guerrero, Oaxaca) presenta los menores indicadores.

La figura siguiente nos muestra que la región centro sur, donde se ubica la capital, sigue manteniendo un desempeño notablemente superior a las otras regiones, además de que la región suroeste presenta un comportamiento menor en este conjunto de categorías.

Enseguida se incluye un análisis con perspectiva de género en términos de innovaciones registradas por región, en donde es posible observar que en todas las regiones la cantidad de hombres en puestos relacionados con la dirección y la supervisión es mayor con respecto a la cantidad de mujeres en dichos puestos.

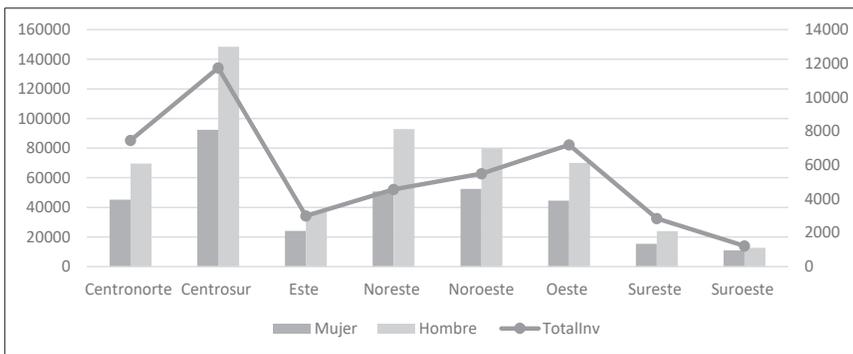
Es notable el hecho de que se presenta una tendencia relacionada en forma positiva entre la cantidad de personas dedicadas a la innovación y los indicadores totales en este rubro, lo cual se debe a que existe una mayor cantidad de empresas; por esta razón se aplica un modelo de contraste de proporciones entre la entidad frontera y los demás estados.

Figura 1. Total de innovaciones por tipo de innovación y región



Fuente: Elaboración propia con base en ENAPROCE utilizando SPSS (2021).

Figura 2. Total de innovaciones registradas por región con perspectiva de género



Fuente: Elaboración propia (2021).

A continuación, se calcula el correspondiente índice de vocación innovadora regional utilizando la fórmula [1], cuyos resultados se presentan en términos del índice regional correspondiente a la entidad federativa y su interpretación comparativa con la entidad frontera, que es la base de contraste considerado para el presente análisis. De esta manera, en la Tabla 3 se presenta el indicador de vocación innovadora.

Tabla 3. Índice de vocación innovadora por entidad estatal

<i>Estado</i>	<i>Vocación innovadora</i>	<i>Interpretación</i>
Ciudad de México	1.00	(Entidad frontera)
Aguascalientes	1.65	Alto
Baja California	0.41	Bajo
Baja California Sur	1.24	Alto
Campeche	0.04	Bajo
Chiapas	1.12	Alto
Chihuahua	0.87	Medio
Coahuila	0.83	Medio
Colima	0.45	Bajo
Durango	0.78	Bajo
Estado de México	0.69	Bajo
Guanajuato	1.21	Alto
Guerrero	0.44	Bajo
Hidalgo	0.83	Medio
Jalisco	1.21	Alto
Michoacán	0.84	Medio
Morelos	1.25	Alto
Nayarit	0.48	Bajo
Nuevo León	0.60	Bajo
Oaxaca	0.49	Bajo
Puebla	0.94	Medio
Querétaro	1.41	Alto
Quintana Roo	1.30	Alto
San Luis Potosí	0.71	Bajo
Sinaloa	0.97	Medio
Sonora	0.72	Bajo
Tabasco	1.16	Alto
Tamaulipas	0.50	Bajo
Tlaxcala	0.69	Bajo
Veracruz	0.64	Bajo
Yucatán	1.37	Alto
Zacatecas	0.95	Medio

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENAPROCE (2021).

Para continuar con el análisis en términos del grado en que las variables consideradas influyen en la vocación innovadora presente en cada entidad federativa se realizarán pruebas de correlación entre las variables, así como un análisis con RNA para determinar un modelo entrenado en términos del grado en que las variables independientes permiten pronosticar el indicador de vocación innovadora.

Redes Neuronales Artificiales aplicadas a la vocación innovadora con perspectiva de género

En lo correspondiente al resumen de procesamiento de datos que presenta la arquitectura bajo la cual se realizó la partición de los datos para el entrenamiento del modelo, la Tabla 4 muestra los resultados obtenidos del modelo RNA 6-3-1 (diseñado con objeto de evitar que la red colisionara en una forma mono-neuronal en capas ocultas).

La información contenida en la tabla presenta el procesamiento de datos que se realizó con los datos considerados, con 60% de datos en entrenamiento, 30% en pruebas y 10% de reservas, para un total de 212 datos considerados.

Tabla 4. Resumen de procesamiento de datos

		<i>N</i>	<i>Porcentaje</i>
	Entrenamiento	123	58.00%
Muestra	Pruebas	65	30.70%
	Reserva	24	11.30%
Válido		212	100.00%
Excluido		0	
Total		212	

Fuente: Elaboración propia con base en ENAPROCE 2018, utilizando SPSS (2021).

Asimismo, en la arquitectura de la red neuronal artificial se incluyen las variables independientes ubicadas en la capa de entrada, que considera a la región como una variable cualitativa y categórica, mientras que las covariables son de naturaleza cualitativa; se establecieron dos capas ocultas, con una función de activación mediante tangente hiperbólica para un total de tres capas de salida (Tabla 5).

En términos de las RNA, se destaca como variable independiente de tipo categórico, se incluyen las regiones a manera de covariables a las variables cuantitativas y manifiestas relativas a la educación superior, capacitación con externos y el género de la persona en cargo directivo y supervisión; de esta manera, el diagrama de red obtenido con una arquitectura de dos capas ocultas se muestra en la Figura 3.

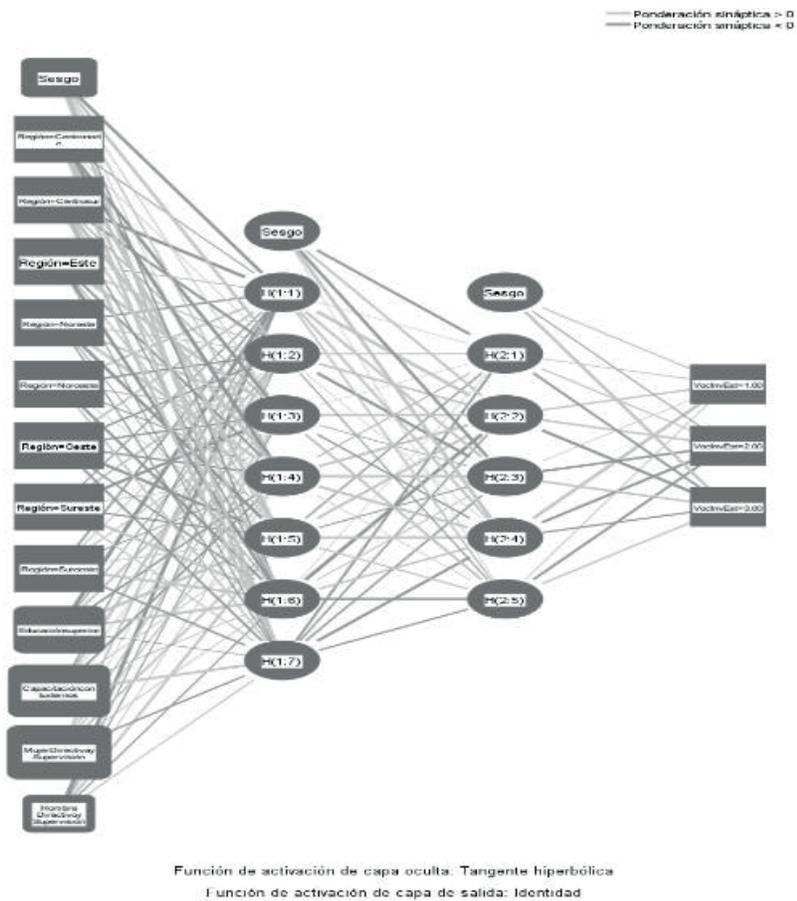
Tabla 5. Información de red neuronal

	<i>Factores (cualitativos)</i>	<i>Región</i>
Capa de entrada		1 Educación superior
	Covariables (cuantitativas)	2 Capacitación con externos
		3 Mujer (Directiva y Supervisión)
		4 Hombre (Directivo y Supervisión)
	Número de unidades ^a	12
Método de cambio de escala para las covariables	Estandarizados	
Capas ocultas	Número de capas ocultas	2
	Número de unidades en la capa oculta 1 ^a	7
	Número de unidades de la capa oculta 2 ^a	5
	Función de activación	Tangente hiperbólica
Capa de salida	VARIABLES DEPENDIENTES	1 VocInvEst
	Número de unidades	3
	Función de activación	Identidad
	Función de error	Suma de cuadrados

a. Se excluye la unidad de sesgo

Fuente: Elaboración propia con base en ENAPROCE 2018, utilizando SPSS (2021).

Figura 3. Diagrama de red con dos capas ocultas



Fuente: Elaboración propia con base en ENAPROCE 2018, utilizando SPSS (2021).

El diagrama anterior muestra gráficamente la arquitectura utilizada para realizar las pruebas necesarias que permitan determinar el grado de significancia de las variables consideradas en el estudio, para lo cual, en la Tabla 6, se presenta el resumen del modelo obtenido.

Como se muestra en la tabla anterior, el modelo presenta un porcentaje de pronósticos incorrectos para entrenamiento de 13%, pruebas 23.1% y reserva 20.8%. En términos de las pruebas relativas a la clasificación de las variables consideradas, los resultados se muestran en la Tabla 7.

*Validación del Modelo RNA 6-3-1 mediante curva ROC
(Receiving Operating Characteristic)*

La curva ROC representa un elemento visual útil para conocer el rendimiento global de una prueba, dado que se construye a base de la unión de dos distintos puntos de corte, correspondiendo al eje Y la sensibilidad del modelo, mientras que el eje X a (1-especificidad); de esta manera, constituye un método estadístico para determinar la exactitud diagnóstica de prueba adecuada del punto de corte en el que se alcanza la mayor sensibilidad y especificidad, además de

Tabla 6. Resumen del modelo

Entrena- miento	Error de suma de cuadrados	15.356
	Porcentaje de pronósticos incorrectos	13.00%
	Regla de parada utilizada	1 paso(s) consecutivo(s) sin disminución del error ^a
	Tiempo de entrenamiento	00:00.1
Pruebas	Error de suma de cuadrados	12.807
	Porcentaje de pronósticos incorrectos	23.10%
Reserva	Porcentaje de pronósticos incorrectos	20.80%

Variable dependiente: VocInvEst

a. Los cálculos de error se basan en la muestra de comprobación.

Fuente: Elaboración propia con base en ENAPROCE 2018, utilizando SPSS (2021).

Tabla 7: Clasificación de las variables

		<i>Pronosticado</i>			<i>Porcentaje correcto</i>
		<i>Muestra</i>	<i>1.00</i>	<i>2.00</i>	
Entrenamiento	1.00	48	5	4	84.2%
	2.00	4	24	0	85.7%
	3.00	3	0	35	92.1%
	Porcentaje global	44.7%	23.6%	31.7%	87.0%
Pruebas	1.00	20	6	2	71.4%
	2.00	2	11	0	84.6%
	3.00	4	1	19	79.2%
	Porcentaje global	40.0%	27.7%	32.3%	76.9%
Reserva	1.00	8	0	2	80.0%
	2.00	1	2	0	66.7%
	3.00	1	1	9	81.8%
	Porcentaje global	41.7%	12.5%	45.8%	79.2%

Variable dependiente: VocInvEst

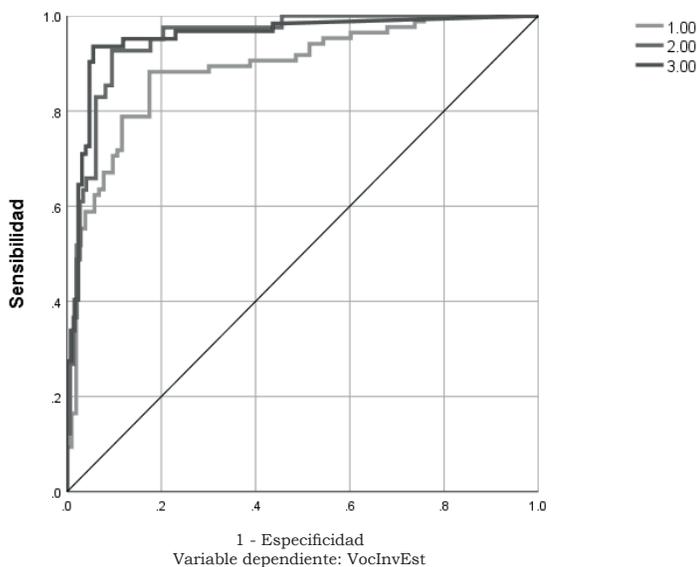
Fuente: Elaboración propia con base en ENAPROCE 2018, utilizando SPSS (2021).

que facilita evaluar la capacidad discriminativa del modelo, y con ello, realizar una comparación discriminativa con base en los resultados obtenidos (Cerdeira y Cifuentes, 2012).

El gráfico de curva ROC muestra la sensibilidad y especificidad de cada uno de los posibles puntos de corte de un test diagnóstico que permite comprender el área bajo la curva considerada para las tres categorías de vocación innovadora (véase Figura 4).

La Figura 4 evidencia la notable capacidad del modelo para predecir la vocación innovadora de las empresas mexicanas con base en las variables explicativas consideradas, ya que el área bajo la curva para una baja competitividad en vocación innovadora es de 0.89, para la competitividad es de 0.95 y para la ventaja competi-

Figura 4: Gráfico de curva ROC



Fuente: Elaboración propia con base en ENAPROCE 2018, utilizando SPSS (2021).

tiva es de 0.955. Dada la validación realizada, a continuación se incluyen los resultados relacionados con la importancia normalizada de las variables consideradas en la investigación, conforme a lo expuesto en la Tabla 8, donde se incluye el análisis relativo a la importancia de las variables independientes para predecir el estado de vocación innovadora de las empresas mexicanas.

De esta manera, la variable relativa a la cantidad de mujeres como directivas y en funciones de supervisión se presenta como la característica de mayor importancia para determinar el grado de vocación innovadora en las empresas mexicanas, seguida de la capacitación, la educación superior, la región y el género masculino, en ese orden, como se analiza en seguida.

Tabla 8: Importancia de las variables independientes

	<i>Importancia</i>	<i>Importancia normalizada</i>
Región	0.19	74.30%
Educación superior	0.197	76.90%
Capacitación con externos	0.244	95.20%
Mujer (Directiva y Supervisión)	0.256	100.00%
Hombre (Directivo y Supervisión)	0.113	44.00%

Fuente: Elaboración propia con base en ENAPROCE 2018, utilizando SPSS (2021).

Discusión

Análisis de la relevancia de las variables independientes en la vocación regional innovadora en términos de su consistencia en un marco referencial

Considerando los resultados obtenidos, a continuación se incluye la discusión con respecto a las variables involucradas en el modelo validado en este trabajo, con respecto a la clasificación ordinal del indicador de la vocación innovadora por entidad federativa en México, considerando una perspectiva regional y de género en el método de estudio.

Por esta razón, se analizan los factores estadísticamente significativos que incluyen un mayor grado de relevancia en términos de la clasificación y predicción de la red neuronal, como se desarrolla más adelante en referencia a la consistencia de estos resultados, en contraste con investigaciones congruentes con los hallazgos observados.

Diversidad de género:

Mujer (Directiva y Supervisión) (importancia 100%)

y Hombre (Directivo y Supervisión) (importancia 44%)

El efecto de la diversidad de género en la innovación es una variable congruente con estudios que han analizado la cultura organizacional que se presenta en las empresas, en donde, junto con factores como el liderazgo, la diversidad y el nivel educativo, tienen cierto grado de influencia en el desarrollo de innovaciones en las organizaciones (Romero-Martínez, Montoro-Sánchez, y Garavito-Hernández, 2017)empleamos como fuente de información la encuesta de innovación tecnológica en España, que pertenece al plan general de estadísticas de la Unión Europea (Eurostat).

El planteamiento anterior también ha sido abordado por Robinson y Dechant (2011), quienes proponen que la diversidad de género incrementa el grado de creatividad e innovación en las organizaciones, en donde aspectos como las actitudes, las funciones cognitivas y las creencias tienden a variar de forma sistemática en términos de las características del factor humano en las organizaciones.

A este respecto también se han generado estudios que, de acuerdo con la CEPAL, han confirmado que la diversidad de género representada por mujeres en cargos de alta dirección contribuye en forma relevante con nuevas habilidades, trabajo colaborativo e interdisciplinario como elementos importantes en la innovación, en donde incluso se ha determinado que un factor importante para fomentar un estado de la inteligencia colectiva fue la cantidad de mujeres que contribuían con sus habilidades y talentos en la innovación dentro de las organizaciones (Monroy Merchán, 2019).

De esta manera, cuando en un equipo de trabajo existe una contribución por integrantes mujeres, se presenta una mayor cantidad de alternativas para desarrollar flexibilidad en la organización, acompañado de un mayor grado de posibilidades de solución (Manosalvas Vaca *et al.*, 2020).

Así, los estudios que soportan la relevancia de la participación de la mujer como directiva y en puestos de supervisión en términos de

contribuir con la innovación presentan un contexto organizacional en donde se presentan capacidades de adaptación a cambios y situaciones imprecisas, debido a que la diversidad de género permite analizar los problemas desde distintos puntos de vista (Gómez, 2018).

Capacitación con externos (importancia 95.20%)

El segundo factor en orden de relevancia se relaciona con la capacitación, en donde el proceso de innovación representa un reto estratégico que exige un compromiso organizacional no sólo para la asignación de recursos, sino para la capacitación de empleados en torno a su rol dentro de procesos para crear valor en la organización (Morales *et al.*, 2016).

Por lo anterior, investigaciones relacionadas por Popescu y Crenicean (2012) argumentan que la capacitación y desarrollo de competencias profesionales garantiza en cierta manera el acceso a conocimiento de punta, fomentando con ello la orientación de las empresas hacia la innovación.

Es decir, la capacitación y habilitación profesional fomenta el incremento del conocimiento, capacidades técnicas, conceptuales y profesionales del factor humano, a partir de lo cual, permite que las y los empleados se desarrollen de acuerdo con los estándares esperados de la empresa y, con ello, alcanzar en forma eficiente las metas tanto personales como profesionales (Kesen, 2016).

De esta manera, la capacitación desempeña un papel central que contribuye a la innovación al incluir dentro del proceso a especialistas externos que aseguran la transmisión del conocimiento necesario y habilitar así al personal para cumplir con los objetivos trazados (Lewis, 2019).

Educación superior (importancia 76.90%)

En lo correspondiente a la bibliografía que ha identificado a la educación superior como un factor relevante para la innovación, es posible determinar que las capacidades conceptuales que un gra-

do educativo provee facilitarán procesos íntimamente relacionados con la innovación, tanto en términos de la transferencia del conocimiento de la educación superior a la industria, así como la contribución en términos de habilidades para confrontar problemáticas del contexto (Bowen, Lloyd y Thomas, 2004).

Es de esta manera que las iniciativas personales generan procesos de cambio organizacional y capacidad de absorción en términos del aprovechamiento de la creatividad individual, adquisición del conocimiento externo y aprovechamiento de las capacidades individuales del personal (Piva y Vivarelli, 2009).

Lo anterior se debe a que las organizaciones educativas son agentes que, en conjunto con instituciones públicas y las mismas empresas, se encuentran relacionadas en procesos relativos a la transición del conocimiento hacia la innovación, motivada por la diseminación y explotación del conocimiento en beneficio de este tipo de organizaciones económicas (Padilla-Meléndez, Del Aguila-Obra y Lockett, 2013).

Región (importancia 74.30%)

El último aspecto a considerar se relaciona con el contexto regional de las organizaciones, cuyo enfoque ha sido trabajado por investigadores como Dorrego y González-Loureiro (2012), en donde el sistema regional de innovación se conforma por componentes que incluyen aspectos tanto geográficos como sectoriales y tecnológicos, y por ello la integración regional se encuentra fundamentada en múltiples niveles (público, científico, económico, institucional, entre otros).

De este modo, el contexto determina aspectos sociales y culturales que influyen en la innovación, en donde el desarrollo de enlaces o redes a escala nacional e internacional tendrá un efecto relevante en la actividad productiva e innovadora de las empresas, tanto como factores de fomento como retos y obstáculos en ese mismo sentido (Nauwelaers y Wintjes, 2002).

Una vez que esto suceda, el medioambiente regional proveerá de diversas condiciones para la innovación, en términos de contextos

económicos, infraestructura, cadenas de suministros, y acceso a mano de obra calificada (Karlsson y Olsson, 2014); este factor además permite explicar el grado de incentivo para la innovación como actividad empresarial en términos de fomentar la competitividad y la productividad regional por medio de la vinculación e integración económica regional (Romero, 2011).

En ese orden de ideas, algunas de las implicaciones relativas a los resultados del presente estudio sugieren la necesidad de fomentar la innovación a partir de la combinación de variables relacionadas con la participación de la mujer en procesos de innovación y el desarrollo de capacidades de gestión y liderazgo como un detonante en este proceso organizacional.

Conclusiones

La innovación como factor de cambio para mejorar la calidad de vida de un país y en este caso el nuestro, debe considerarse como una estrategia de largo plazo, es decir, una estrategia que trascienda la temporalidad de la política pública y se conciba como un modelo escalable a aplicarse en corto, mediano y largo plazo. Un modelo de innovación para la eficacia de sus resultados debe acompañarse de un conjunto de variables que son indispensables y que en la literatura convencional no se consideran. Es decir, la innovación por sí misma no puede tener lugar y no puede ofrecer los cambios o transformaciones que de ella se espera si no se acompaña de educación técnica y superior, de una cultura que siembre valores éticos y morales de convivencia, cooperación, reciprocidad y complementación, inversión pública, privada y extranjera que promueva la generación de capital social y capital productivo como sus principales activos, así como de una gobernanza pública que norme la acción y convivencia cultural, social, política y económica.

La función de producción agregada como modelo de desarrollo en nuestro país debe dar especial énfasis a la formación del capital humano, donde la educación, la alimentación y la salud, el desarrollo de habilidades y destrezas resultan fundamentales como

condición para una economía donde los ciudadanos, por su capacidad productiva e ingreso, tengan la posibilidad de acceder a la adquisición de bienes y servicios que les permita satisfacer sus necesidades, propiciando con ello el incremento en los índices de desarrollo humano que nuestro país requiere.

Si bien reconocemos que uno de los principales atenuantes del desarrollo económico que nos aqueja es la desigualdad social y económica, también reconocemos que ésta, en tanto brecha de cohesión social, se puede reducir en el corto plazo, en la medida que promovamos nuevas acciones que incentiven y fomenten la innovación científica y tecnológica, y ésta en articulación con la educación, la equidad de género, la gestión del conocimiento y la gobernanza pública pueden convertirse en los agentes de cambio de nuestra sociedad y nación.

Finalmente, es preciso resaltar que la adopción de nuevas técnicas y métodos en la investigación social, como los modelos computacionales evolucionados, permiten la inclusión de múltiples variables que hacen posible la aplicación de enfoques transversales de la realidad social. Por ello, el uso de redes neuronales artificiales hoy en día facilita el análisis multidimensional y multivariado en términos de tiempo y espacio, además de una diversidad de dimensiones cualitativas y cuantitativas que facilitan una visión de mayor amplitud en el proceso de construcción de evidencia empírica, como es en este caso la importancia de la innovación, la educación y el papel de la mujer como factores de cambio indispensables e imprescindibles para el progreso de México.

Bibliografía

- Aldrovandi, R. (2014) *Determinants and effects of innovation: Context matters*, Department of Industrial Economics. doi: 10.1142/9789812799838_0014.
- Allagnat, L. et al. (2017) *Gender in the Global Research Landscape*. Available at: <https://www.elsevier.com/research-intelligence/resource-library/gender-report%0Ahttps://www.>

- elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0008/265661/Elsevier-GenderReport_final_for-web.pdf%0Ahttps://www.elsevier.com/research-intelligence/research-initiatives/gender.
- Amabile, T. (1988) 'A model of creativity and innovation in organizations', *Research in Organizational Behavior*, pp. 123–167.
- Le Bas, C., Mothe, C. and Nguyen Thi, T. U. (2012) *Technological Innovation Persistence: Literature Survey and Exploration of the Role of Organizational Innovation*, *SSRN Electronic Journal*. doi: 10.2139/ssrn.1969293.
- Bowen, E., Lloyd, S. and Thomas, S. (2004) 'Changing Cultural Attitudes towards Graduates in SMES to Stimulate Regional Innovation', *Industry and Higher Education*, 18(6), pp. 385–390. doi: 10.5367/0000000042683575.
- Carlo, M. (2019) *Aplicación de redes neuronales en el cálculo de sobretensiones y tasa de contorneamientos*.
- Cerda, J. and Cifuentes, L. (2012) 'Using ROC curves in clinical investigation. Theoretical and practical issues', *Revista chilena de infectología*, 29(2), pp. 138–141. doi: 10.4067/S0716-10182012000200003.
- Dalfovo, M. S., Hoffmann, V. E. and Lazzarotti, F. (2011) 'A Bibliometric Study of Innovation Based on Schumpeter', *Journal of Technology Management and Innovation*, 6(4). Available at: <http://www.jotmi.org>.
- Dorrego, P. F. and González-Loureiro, M. (2012) 'Intellectual capital and system of innovation: What really matters at innovative SMES', *Intangible Capital*, 8(2), pp. 239–274.
- Galán, H. and Martínez, A. (2015) 'Inteligencia artificial. Redes neuronales y Aplicaciones', *Universidad Carlos III de Madrid, Journal*, p. 8. Available at: <http://www.it.uc3m.es/jvillena/irc/practicas/10-11/06mem.pdf>.
- Gershenson, C. (2003) *Artificial Neural Networks for Beginners*, *arXiv*. doi: 10.1093/icesjms/fsp009.
- Gómez, N. (2018) *La influencia del liderazgo femenino en la cultura organizacional de tres empresas limeñas*.
- INEGI (2017) *Encuesta sobre Investigación y Desarrollo de Tecnología 2017 ESIDET. Síntesis metodológica*. Available at: <https://www.inegi.gob.pe/>

- inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825109073.pdf.
- INEGI (2021) *Marco Geoestadístico 5.0, área Geoestadística Estatal. Recuperado de: inegi.org.mx/temas/mg/#Mapa*
- Jozanikohan, G. *et al.* (2015) 'The application of multilayer perceptron neural network in volume of clay estimation: Case study of Shurijeh gas reservoir, Northeastern Iran', *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 22, pp. 119–131. doi: 10.1016/j.jngse.2014.11.022.
- Kamasak, R. (2015) 'Determinants of innovation Performance: A Resource-based Study', *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Elsevier B.V., 195, pp. 1330–1337. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.06.311.
- Karlsson, C. and Olsson, O. (2014) 'Product Innovation in Small and Large Enterprises Product Innovation in Small and Large Enterprises', (June), pp. 31–46.
- Kesen, M. (2016) 'The Impact of Employee Training and Innovation on Turnover Intention: An Empirical Research', *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 6(1), pp. 174–185. doi: 10.6007/ijarbss/v6-i1/1987.
- Kotsemir, M. N. and Abroskin, A. (2013) *Innovation Concepts and Typology – An Evolutionary Discussion*, *SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION*. doi: 10.2139/ssrn.2221299.
- Lewis, P. (2019) *Technicians And Innovation: A Literature Review*.
- Maghe, V. and Cincera, M. (2016) *Implementation of innovation policy in a national innovation system perspective: a typology*. Available at: https://www.oecd.org/sti/072 - NIS Typology_MagheCincera.pdf.
- Manosalvas Vaca, L. O. *et al.* (2020) 'Capacidades de innovación en los emprendedores turísticos: Un enfoque de género', *INNOVA Research Journal*, 5(2), pp. 234–252. doi: 10.33890/innova.v5.n2.2020.1367.
- Martínez, P. *et al.* (2013) 'Relación entre la diversidad de género y la rentabilidad económica de las empresas del ibex 35', *Revista de Estudios de Género. La ventana*, IV(38), pp. 331–371. Available at: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=88430445011%0A>.

- Matos da Silva, F., Aparecida, O. de A. Q. E. and Barbosa de Moraes, M. (2016) 'Innovation development process in small and medium technology-based companies', *RAI - Revista de Administração e Inovação*, 13(3), pp. 176–189. Available at: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=97347030004>.
- Monroy Merchán, M. L. (2019) 'Sociedad Del Conocimiento Y Las Brechas De Género En Ciencia, Tecnología E Innovación', *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 15(29). doi: 10.18270/cuaderlam.v15i29.2871.
- Morales, M. *et al.* (2016) 'Estrategias para fortalecer capacidades dinámicas de innovación: una visión desde las micro y pequeñas empresas', *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 27(53), pp. 206–233.
- Moyeda, C. and Arteaga, J. (2016) 'Medición de la innovación, una perspectiva microeconómica basada en la ESIDET-MBN 2012', *Realidad, Datos y Espacio*, 7(1).
- Murtagh, F. (1991) 'Multilayer perceptrons for classification and regression', *Neurocomputing*, 2(5–6), pp. 183–197. doi: 10.1016/0925-2312(91)90023-5.
- Nauwelaers, C. and Wintjes, R. (2002) 'Innovating SMES and regions: The need for policy intelligence and interactive policies', *Technology Analysis and Strategic Management*, 14(2), pp. 201–215. doi: 10.1080/09537320220133866.
- Obra, Á., Rosa, A. and Meléndez, P. (2010) 'Factores determinantes de la innovación en empresas de economía social. La importancia de la formación y de la actitud estratégica', *CIREC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, (67), pp. 129–155.
- OECD and Eurostat (2018) *Oslo Manual*. doi: 10.1787/9789264304604-en.
- Oleśków Szłapka, J. *et al.* (2017) 'The level of innovation in SMES, the determinants of innovation and their contribution to development of value chains', *Procedia Manufacturing*, 11, pp. 2003–2010. doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.367.
- Oliveira, L. S. de *et al.* (2017) 'Analysis of determinants for Open Innovation implementation in Regional Innovation Systems', *RAI Revista de Administração e Inovação*, 14(2), pp. 119–129. doi: 10.1016/j.rai.2017.03.006.

- Padilla-Meléndez, A., Del Aguila-Obra, A. R. and Lockett, N. (2013) 'Shifting sands: Regional perspectives on the role of social capital in supporting open innovation through knowledge transfer and exchange with small and medium-sized enterprises', *International Small Business Journal*, 31(3), pp. 296–318. doi: 10.1177/0266242612467659.
- Park, Y. S. and Lek, S. (2016) *Artificial Neural Networks: Multilayer Perceptron for Ecological Modeling, Developments in Environmental Modelling*. Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-444-63623-2.00007-4.
- Piva, M. and Vivarelli, M. (2009) 'The role of skills as a major driver of corporate R&D', *International Journal of Manpower*, 30(8), pp. 835–852. doi: 10.1108/01437720911004452.
- Popescu, M. and Crenicean, L. C. (2012) 'Innovation and Change in Education –Economic Growth Goal in Romania in the Context of Knowledge-Based Economy', *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, pp. 3982–3988. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.06.183.
- Robinson, G. and Dechant, K. (2011) 'Building a Business Case for Diversity', *The Academy of Management Executive*, 11(3), pp. 21–31.
- Romero-Martínez, Ana M.; Montoro-Sánchez, Ángeles; Garavito-Hernández, Y. (2017) 'El efecto de la diversidad de género y el nivel educativo en la innovación', *Revista de Administração de Empresas*, 57(2), pp. 123–134. doi: 10.1590/s0034-759020170202.
- Romero, I. (2011) 'Analysing the composition of the SME sector in high- and low-income regions: Some research hypotheses', *Entrepreneurship and Regional Development*, 23(7–8), pp. 637–660. doi: 10.1080/08985626.2010.491872.
- Rosenblatt, F. (1958) 'The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain', *Psychological Review*, 65(6), pp. 386–408. doi: 10.1037/h0042519.
- Ruiz-Jiménez, J. M. and Fuentes-Fuentes, M. del M. (2015) 'Management capabilities, innovation, and gender diversity in the top management team: An empirical analysis in technology-based

SMES', *BRQ Business Research Quarterly*. ACEDE, 19(2), pp. 107–121. doi: 10.1016/j.brq.2015.08.003.

Rumelhart, D. and McClelland, J. (1986) *Parallel Distributed Processing, Volume 1*. MIT Press, Cambridge, Mass. Young, D. Formal.

Schweidtmann, A. M. and Mitsos, A. (2019) 'Deterministic Global Optimization with Artificial Neural Networks Embedded', *Journal of Optimization Theory and Applications*, 180(3), pp. 925–948. doi: 10.1007/s10957-018-1396-0.

Williams, B. A. and Cremaschi, S. (2019) *Surrogate Model Selection for Design Space Approximation And Surrogatebased Optimization, Computer Aided Chemical Engineering*. Elsevier Masson SAS. doi: 10.1016/B978-0-12-818597-1.50056-4.