

**Desajuste en el mercado laboral: análisis de los perfiles de candidatos y las ofertas de trabajo publicadas en internet**

Julio César Martínez Sánchez

**Análisis de la distribución de las tiendas de abarrotes y de conveniencia en la Ciudad de México y el estado de México**

Benjamín de Jesús Quintana Chimal

**Análisis de la distribución espacial de la calidad del agua en el acuífero Valle del Guadiana**

Eliud Abraham Gutiérrez Rodríguez, Félix Alonso Alcázar Medina, María Teresa Alarcón Herrera y María Dolores Josefina Rodríguez Rosales

**Propuestas para la medición de infraestructura digital en México**

Clara Luz Álvarez

**Midiendo la infraestructura para la competitividad, desarrollo social y crecimiento**

Fausto Hernández Trillo, Juan Carlos Moreno Brid y Enrique Provencio Durazo

## Contenido

<b>Desajuste en el mercado laboral: análisis de los perfiles de candidatos y las ofertas de trabajo publicadas en internet</b>	<b>4</b>
<i>Mismatch in the Labor Market: Analysis of Candidate Profiles and Job Vacancies Published on the Internet</i> Julio César Martínez Sánchez	
<b>Análisis de la distribución de las tiendas de abarrotes y de conveniencia en la Ciudad de México y el estado de México</b>	<b>26</b>
<i>Analysis of the Distribution of Grocery and Convenience Stores in Mexico City and the State of Mexico</i> Benjamín de Jesús Quintana Chimal	
<b>Análisis de la distribución espacial de la calidad del agua en el acuífero Valle del Guadiana</b>	<b>34</b>
<i>Analysis of the Spatial Distribution of Water Quality in the Guadiana Valley Aquifer</i> Eliud Abraham Gutiérrez Rodríguez, Félix Alonso Alcázar Medina, María Teresa Alarcón Herrera y María Dolores Josefina Rodríguez Rosales	
<b>Propuestas para la medición de infraestructura digital en México</b>	<b>54</b>
<i>Proposals for Measuring Digital Infrastructure in Mexico</i> Clara Luz Álvarez	
<b>Midiendo la infraestructura para la competitividad, desarrollo social y crecimiento</b>	<b>62</b>
<i>Measuring Infrastructure for Competitiveness, Social Development, and Growth</i> Fausto Hernández Trillo, Juan Carlos Moreno Brid y Enrique Provencio Durazo	
<b>Colaboran en este número</b>	<b>76</b>

# INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

## Presidencia del Instituto

Graciela Márquez Colín

## Vicepresidencias

Paloma Merodio Gómez

Adrián Franco Barrios

Mauricio Márquez Corona

José Arturo Blancas Espejo

## Direcciones generales de:

### Estadísticas Sociodemográficas

Mauricio Rodríguez Abreu

### Estadísticas de Gobierno Seguridad Pública y Justicia

Dwight Daniel Dyer Leal

### Estadísticas Económicas

Susana Pérez Cadena

### Geografía y Medio Ambiente

Luis Gerardo Esparza Ríos

### Integración, Análisis e Investigación

Rosa Isabel Islas Arredondo

### Coordinación del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica

Silvia Elena Meza Martínez

### Comunicación, Servicio Público de Información y Relaciones Institucionales

Julietta Alejandra Brambila Ramírez

### Administración

Ricardo Miranda Burgos

## Contraloría Interna

Manuel Rodríguez Murillo

## REALIDAD, DATOS Y ESPACIO REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

### Editor responsable

En trámite

### Coordinación editorial

Virginia Abrín Batule y Mercedes Pedrosa Islas

### Corrección de estilo

José Pablo Covarrubias Ordiales

### Corrección de textos en inglés

Gerardo Hazael Piña Méndez

### Diseño y formación

Eduardo Javier Ramírez Espino

### Edición para internet

Ana Victoria Flores Flores y José Andrés Ortiz Domínguez

Indizada en: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Latindex Catálogo 2.0; Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades (CLASE) y Bibliografía Latinoamericana en Revistas de Investigación Científica y Social (BIBLAT).

REALIDAD, DATOS Y ESPACIO REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, Vol. 15, Núm. 3, septiembre-diciembre, 2024, es una publicación cuatrimestral editada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Avenida Héroe de Nacozari Sur 2301, Fraccionamiento Jardines del Parque, 20276, Aguascalientes, Aguascalientes, Aguascalientes, entre la calle INEGI, Avenida del Lago y Avenida Paseo de las Garzas, México. Teléfono 55 52781069. Toda correspondencia deberá dirigirse al correo: rde@inegi.org.mx

Editor responsable: en trámite. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título Núm. 04-2014-101310563200-203, e-ISSN Núm. 2395-8537, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Domicilio de la publicación: Avenida Héroe de Nacozari Sur 2301, Fraccionamiento Jardines del Parque, 20276, Aguascalientes, Aguascalientes, Aguascalientes, entre la calle INEGI, Avenida del Lago y Avenida Paseo de las Garzas, México.

El contenido de los artículos, así como sus títulos y, en su caso, fotografías y gráficos utilizados son responsabilidad del autor, lo cual no refleja necesariamente el criterio editorial institucional.

Asimismo, la Revista se reserva el derecho de modificar los títulos de los artículos, previo acuerdo con los autores. La mención de empresas o productos específicos en las páginas de la Revista no implica el respaldo por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Se permite la reproducción total o parcial del material incluido en la Revista, sujeto a citar la fuente.

Página electrónica: <http://rde.inegi.org.mx>.

# CONSEJO EDITORIAL

Mtra. Claudia Aburto Rancaño  
Instituto Tecnológico Autónomo de México  
México

Dr. Clemente Ruiz Durán  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México

Dr. Emilio Cunjamá López  
Instituto Nacional de Ciencias Penales  
México

Dr. Fernando Cortés Cáceres  
Profesor emérito de FLACSO PUED de la UNAM  
México

Dra. Graciela Teruel Belismelis  
Universidad Iberoamericana  
Ciudad de México  
México

Dra. Landy Sánchez Peña  
El Colegio de México  
México

Dra. Martha María Téllez Rojo Solís  
Instituto Nacional de Salud Pública  
México

Dr. Víctor Manuel Guerrero Guzmán  
Instituto Tecnológico Autónomo de México  
México



Esta obra está bajo la *Creative Commons Atribución 4.0 Internacional License*.

### Offline Work

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

## Editorial

Este tercer número de 2024 de REALIDAD, DATOS Y ESPACIO REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA incluye los siguientes artículos:

*Desajuste en el mercado laboral: análisis de los perfiles de candidatos y las ofertas de trabajo publicadas en internet (Mismatch in the Labor Market: Analysis of Candidate Profiles and Job Vacancies Published on the Internet)* artículo que explora la discrepancia entre las características de quienes buscaron empleo y el perfil solicitado por las empresas utilizando sitios en internet que lo ofrecen vinculados con la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

En el trabajo *Análisis de la distribución de las tiendas de abarrotes y de conveniencia en la Ciudad de México y el estado de México (Analysis of the Distribution of Grocery and Convenience Stores in Mexico City and the State of Mexico)*, las primeras se ubicaron con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas del INEGI y las segundas —establecimientos OXXO—, con un listado del banco AFIRME; la estimación de su densidad en esas dos entidades federativas se estimó mediante la fórmula de Haversine y un radio establecido, lo anterior con el fin de exponer las ventajas y desventajas de unas sobre otras de su participación en el mercado de acuerdo con los servicios prestados.

En *Análisis de la distribución espacial de la calidad del agua en el acuífero Valle del Guadiana (Analysis of the Spatial Distribution of Water Quality in the Guadiana Valley Aquifer)* se recopila información de 117 pozos y muestras de sedimentos de ríos y arroyos del municipio de Durango, Durango, para determinar la presencia de contaminantes. Los resultados arrojan que los niveles de arsénico y fluoruro —elementos prevalentes en el agua subterránea conocidos por sus efectos adversos en la salud humana— exceden los límites permisibles, lo cual es una preocupación significativa y un riesgo latente.

*Propuestas para la medición de infraestructura digital en México (Proposals for Measuring Digital Infrastructure in Mexico)* expone cuán fundamental es para el funcionamiento de la sociedad moderna y su economía, de ahí la imperiosa necesidad de conocer qué tipo de infraes-

tructura existe, quién la tiene y administra, así como su distribución geográfica. Este artículo tiene como objetivo dar una primera aproximación a sugerencias para su valoración en el ámbito de las telecomunicaciones en el país como instrumento para las políticas públicas y de inversión que delinee aspectos para futuras investigaciones y acciones.

El ensayo *Midiendo la infraestructura para la competitividad, desarrollo social y crecimiento (Measuring Infrastructure for Competitiveness, Social Development, and Growth)* intenta atraer la atención de la necesidad de contar con una definición homogénea de esta e inclinarse por métodos de valuación, con estándares internacionales, que permitan la obtención de indicadores para facilitar la planeación de las políticas públicas en México y la evaluación de su impacto.

<https://rde.inegi.org.mx>.

# Desajuste en el mercado laboral: análisis de los perfiles de candidatos y las ofertas de trabajo publicadas en internet

## Mismatch in the Labor Market:

Analysis of Candidate Profiles and  
Job Vacancies Published  
on the Internet

Julio César Martínez Sánchez\*

Vista superior, mano de hombre de negocios con teléfonos inteligentes, ordenador portátil, en línea banca tecnología de red de comunicación de pago 4.0, internet inalámbrico aplicación desarrollo sync app, efecto de filtro/everythingpossible/ iStockphoto.



\* Escuela Nacional de Ciencias Forenses, UNAM, [jcmartinez@enacif.unam.mx](mailto:jcmartinez@enacif.unam.mx)

Para acceder al mercado laboral, los candidatos deben cumplir con las expectativas de las empresas y aceptar sus condiciones. La divergencia entre las características de quienes buscan empleo y los requisitos de contratación disminuyen sus posibilidades de ser contratados. Analizar esta discrepancia es difícil porque las encuestas generan información sobre los individuos, pero no abordan los requisitos de contratación. En este documento examinamos las diferencias entre el perfil de los aspirantes a ocupar un puesto de trabajo y los criterios de contratación durante el primer trimestre del 2021. Para ello, estudiamos el contenido de las ofertas publicadas en uno de los portales de empleo más destacados en México y lo vinculamos con la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. De esta forma, encontramos que la experiencia proporciona una ventaja competitiva y que las compañías prefieren personas menos educadas para roles temporales. Además, casi todas las vacantes exigen disponibilidad de horario, lo cual plantea interrogantes acerca de las esperanzas laborales actuales y sus implicaciones para los aspirantes.

**Palabras clave:** vacantes laborales; *web scraping*; mercado de trabajo; datos digitales.

**Recibido:** 26 de septiembre de 2022.

**Aceptado:** 4 de marzo de 2024.

## 1. Introducción

La discrepancia entre las características de los candidatos a ocupar un puesto de trabajo y las cualidades que buscan las empresas provoca un desajuste en el mercado laboral. Durante el proceso de selección, estas definen las competencias, la experiencia y los conocimientos que requieren los candidatos, así como las reglas internas y el salario. Cuando ellos no se ajustan al perfil solicitado, sus oportunidades de ser contratados disminuyen. De igual forma, si las condiciones laborales no resultan atractivas, baja el número de postulantes. Esta incompatibilidad entre quienes buscan empleo y las vacantes disponibles es difícil de analizar por la ausencia de datos.

Aunque las encuestas especializadas en analizar el mercado laboral proporcionan datos sobre

To enter the job market, candidates must meet the expectations and working-conditions set by companies. The mismatch between the characteristics of job seekers and the requirements demanded by companies reduces their chances of being hired. The complexity of analyzing this discrepancy lies in the fact that surveys traditionally collect data only on individuals. In this document, we examine the differences between the characteristics of job applicants and the hiring criteria established by companies during the first quarter of 2021. To do this, we analyze the content of job offers posted on one of the most prominent job portals in Mexico and link it with the National Survey of Occupation and Employment (ENOE). Thus, we find that work experience provides a competitive advantage and that companies prefer less educated candidates for temporary roles. Furthermore, almost all vacancies require full-time availability from candidates, raising questions about current work expectations and their implications for applicants.

**Key words:** job vacancies; web scraping; labor market; digital data.

quienes buscan empleo, carecen de información de los puestos de trabajo (INEGI, 2007). Este vacío invisibiliza las dinámicas de contratación e impide saber cuáles son los atributos más valorados en este ámbito. Sin embargo, las plataformas de empleo en línea ofrecen una oportunidad de conocer las necesidades de las empresas, ya que les brindan un espacio para que estas describan las cualificaciones. Las herramientas digitales no solo facilitan el proceso de reclutamiento, también proporcionan información valiosa acerca de los atributos que las organizaciones valoran (Hemelet *et al.*, 2021; Marconi y Vergolini, 2022).

Nuestro objetivo es explorar la discrepancia entre las características de quienes buscaron empleo y el perfil que pedían las empresas para contratar durante el primer trimestre del 2021. Nos centramos

en tres preguntas: 1) ¿cuáles son las diferencias entre el perfil de los candidatos y los requisitos que piden las vacantes?; 2) ¿cuáles, las condiciones laborales que ofrecen?; y ¿cuáles, los factores que inciden para que un candidato sea contratado? Para abordar estas interrogantes, usamos los datos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE)<sup>1</sup> de ese periodo (INEGI, 2021) y 72 803 vacantes laborales (VL) disponibles en línea recolectadas durante enero y abril de ese año. Este enfoque metodológico nos permite unir la información de quienes buscan empleo y las características que piden las empresas para contratarlos.

Los hallazgos muestran la importancia de la experiencia laboral, ya que es un factor clave que proporciona una ventaja competitiva a los candidatos en el proceso de selección. También, observamos una tendencia por parte de las empresas a favorecer a individuos con niveles educativos más bajos para puestos temporales, lo que perpetúa un ciclo de desempleo y búsqueda de trabajo. Además, identificamos que en casi todas las vacantes se requiere de disponibilidad de horario, un requisito que sugiere que la jornada real puede durar más de lo establecido por la ley. Metodológicamente, nuestra investigación innova al integrar datos de internet con encuestas probabilísticas, lo cual abre nuevas perspectivas en el estudio del mercado laboral, en especial en términos de los criterios de contratación.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Mercado de trabajo y desempleo

El desajuste entre el perfil que tienen los aspirantes a un puesto de trabajo y las demandas de las empresas afecta la dinámica del mercado laboral. Los empleadores definen los requisitos, las normas a seguir y la remuneración, mientras que los candidatos ofrecen su experiencia adquirida, ya sea a través de la educación formal o el ejercicio de actividades laborales previas (De Vries y Navarro, 2011). Si los individuos no cumplen con el conjunto

de capacidades y competencias requerido, entonces sus posibilidades de contratación se reducen. Asimismo, cuando las condiciones que ofrecen los negocios son poco atractivas o difíciles de cumplir, el interés de los postulantes disminuye. Esta incompatibilidad entre las ofertas laborales y las cualificaciones de los candidatos provoca un incremento en el número de personas desempleadas.

La teoría keynesiana plantea una relación entre el empleo y la cantidad de bienes que son requeridos. Desde esta perspectiva, una disminución en la demanda o recesión económica conduce a que las compañías recorten su producción. Este ajuste resulta en un incremento del desempleo, dejando a los individuos sin un vínculo laboral. Una estrategia para mitigar este efecto es la intervención gubernamental que, mediante estímulos a la producción, podría aumentar la necesidad de mano de obra (Keynes, 2003). Es importante destacar que, según esta teoría, los trabajadores resultan especialmente susceptibles a las variaciones económicas, ya que su continuidad depende de elementos externos, como la demanda de bienes o las medidas de apoyo de gobierno (De Vroey, 1997).

La teoría neoclásica ofrece una visión distinta sobre cómo funciona el mercado laboral. Su hipótesis es que los salarios se ajustan para equilibrar la oferta y la demanda de trabajo. De forma simplificada, cuando esta supera la oferta de trabajadores, las remuneraciones aumentan, pero si hay un exceso de ellos se reducen. Bajo esta perspectiva, los economistas neoclásicos creen que, en condiciones ideales, el mercado laboral alcanzaría un equilibrio por sí mismo, sin necesidad de intervención externa (Walker y Daal, 2014). Desde esta óptica, el desempleo se interpreta como una consecuencia de sueldos elevados que impiden el ajuste natural del mercado, o bien, como una elección personal de los individuos de no trabajar (Hamilton, 1988).

Las explicaciones sobre qué es el desempleo abarcan una amplia gama de factores, lo que muestra la complejidad del fenómeno. Sin embargo, ahora la pregunta es: ¿cómo podemos medirlo? La metodología más reconocida se basa en los criterios

<sup>1</sup> Programa estadístico del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Para esta institución, se define como: "... personas en edad laboral que no poseen un empleo, pero están disponibles y buscan activamente trabajo durante un periodo específico..." (OIT, 2003). A pesar de que esta explicación ha sido objeto de críticas por su enfoque estadístico (Roncaglia, 2006), es la referencia para medirlo y ofrece un marco estandarizado a nivel global.

La definición de la OIT se apoya en tres ejes fundamentales: la ausencia de empleo, la disponibilidad para trabajar y la búsqueda activa (Pugliese, 2000). Este último punto resalta el papel activo de los individuos, ya que solo se consideran desempleados aquellos que hacen esfuerzos concretos por hallar una oportunidad laboral. Esta dinámica subraya la diversidad de perfiles de quienes buscan empleo, lo cual muestra que ciertas cualidades son en especial valoradas para el trabajo (Aguerrevere *et al.*, 2020). Tradicionalmente, se asume que el nivel escolar es uno de los requisitos más relevante al momento de buscar trabajo, ya que se considera un indicador del conocimiento y las habilidades que un individuo puede aportar al entorno laboral (Ramos *et al.*, 2013; Weinberger, 2014). Esta percepción radica en la creencia de que una mayor educación prepara a los candidatos no solo con información específica de su campo de estudio, sino también con aptitudes cognitivas. Sin embargo, investigaciones realizadas por Campos-Vázquez (2018), Guerra *et al.* (2014) y Velarde *et al.* (2014) ilustran que, más allá de la formación académica, las capacidades sociales son en particular apreciadas por los empleadores, quienes en ocasiones muestran preferencias por personas con tonos de piel más claros.

## **2.2. Panorama del mercado laboral en México**

Es claro que el desempleo es un fenómeno multifacético donde las peculiaridades personales influyen, pero debemos incorporar un elemento adicional, el contexto. Las características del mercado laboral en México son resultado de profundas transformaciones que ocurrieron en las

décadas pasadas. El cambio más importante se dio en la de los 80 cuando el país reemplazó el sistema económico que privilegiaba la producción interna por un modelo orientado hacia el exterior. Con esta apertura comercial se redujeron gradualmente los aranceles de las mercancías, lo que facilitó el intercambio de mercancías con Estados Unidos de América (EE. UU.) y Canadá (Puyana, 2020; Rouquiyé y Ramos, 2015). Esto modificó a la economía mexicana, la cual se enfocó en la exportación de productos con ayuda de la inversión extranjera y se incorporó a las cadenas productivas de valor (Ruiz, 2015).

Para competir en los mercados internacionales, las empresas adoptaron estrategias para aumentar su producción y reducir los costos. Algunas organizaciones incrementaron el número de trabajadores temporales, otras adoptaron el pago por honorarios o delegaron el reclutamiento de su personal a diferentes compañías (Cavallero, 2016; Martínez-Licerio *et al.*, 2019). Con estos nuevos esquemas de contratación, los empleados eliminaron su vínculo formal con las unidades económicas para las cuales prestaban sus servicios. Esta flexibilidad resultó favorable para los patrones, quienes podían contratar o despedir con mayor facilidad sin tener consecuencias legales y se limitaron a ofrecer las prestaciones sociales mínimas (Allen y Ainley, 2012; Guadarrama *et al.*, 2012; Schrank, 2008). Para los trabajadores, estos ajustes produjeron la pérdida de acceso a la salud, seguro de desempleo, pago de aguinaldo, pensiones, vacaciones, entre otras (OIT, 2015; Prieto, 2011; Sáinz, 1998).

Con todos estos cambios, los empleados quedaron en una situación vulnerable. Uno de los ejemplos más evidentes fue la ausencia del seguro de desempleo, lo cual obliga a los individuos que carecen de esta prestación a reincorporarse al mercado laboral lo más rápido posible cuando son despedidos. Esto provoca que las personas acepten empleos que no están relacionados con su formación profesional (Prieto, 2011), se vinculen con algunos cuyas condiciones son inadecuadas (Covarrubias *et al.*, 2016), generen sus propias fuentes de trabajo (Góngora *et al.*, 2011) o trabajen para unidades



económicas que no están registradas ante las autoridades laborales (Bagnasco, 1990). De hecho, la informalidad fue la válvula de escape a la incapacidad de crear empleos y, actualmente, representa la principal forma para vincularse con el mercado de trabajo (Lomnitz, 1978; Sáinz, 1998). Esto explica por qué, a pesar de los periodos de crisis que ha padecido la economía mexicana donde hubo despidos masivos, los niveles de desempleo han sido bajos (De Oliveira, 2006; García, 2009; García y Pacheco, 2000).

Otra característica del mercado laboral mexicano es que ostenta las jornadas más extensas en comparación con otras naciones (OCDE, 2020). Así, para las empresas que ofrecen empleo, la disponibilidad para trabajar tiempo extra se ha convertido en un elemento trascendental al punto de convertirse en una política de reclutamiento (Covarrubias *et al.*, 2016; Hernández, 2015). Esta situación tiene consecuencias en la vida social porque la *flexibilidad de horario* que promueven las compañías obliga a los trabajadores a estructurar su vida en torno a periodos que exceden las ocho horas y erige una forma de mostrar lealtad hacia el negocio, ignorando o pasando por alto los derechos laborales de la población (Palomino y Senén, 1998).

### 2.3. Inicio de la pandemia

Continuando con el análisis de las condiciones de trabajo en México, es crucial destacar que, en febrero del 2020, la Secretaría de Salud anunció el primer caso de COVID-19. Esta situación alertó a las autoridades sobre la necesidad de implementar medidas sanitarias para evitar los contagios (INEGI, 2020). En marzo de ese año, se estableció la Jornada Nacional de Sana Distancia (JNSD), cuyo objetivo fue promover el resguardo preventivo y procurar la no saturación de los servicios hospitalarios (Del Río Monges, 2021). Por lo tanto, los órganos de gobierno pusieron en pausa las actividades laborales no indispensables, manteniendo en activo solo aquellas esenciales, como la salud, el cuidado de la infraestructura o las áreas clave de la economía que necesitaban continuar funcionando (SEGOB, 2020).

En junio del 2020, inició una reapertura gradual de las actividades y se reactivaron sectores económicos como el comercio o turismo. Sin embargo, durante la JNSD, una gran cantidad de negocios cerraron de manera definitiva y esto ocasionó que un segmento de la población perdiera su trabajo. Esta suspensión cambió la perspectiva económica del país, ya que los despidos aumentaron y empeoraron las condiciones laborales de quienes mantuvieron su empleo (Castro *et al.*, 2021a y b). En el 2021, el gobierno quitó las restricciones a la movilidad y volvieron a operar diversos actores de la economía nacional. No obstante, autores como Campos-Vázquez *et al.* (2020) y Castro *et al.* (2021b) sostienen que el deterioro de las condiciones laborales ocasionadas a raíz de la pandemia se mantendrá en el largo plazo.

El enfoque temporal de nuestro análisis es el primer trimestre del 2021, un periodo en el que el gobierno mexicano comenzó a levantar las restricciones impuestas en el 2020. Durante ese lapso, sectores clave para México, como el turismo, empezaron a recuperarse, marcando un punto de inflexión en la reactivación económica. Así, esos tres meses son relevantes para entender cómo la economía hizo frente a los cierres obligatorios y la suspensión de actividades que caracterizaron la etapa anterior.

### 3. Datos

La ENOE es el instrumento más importante para captar información de la fuerza de trabajo en México. Esta encuesta entrevista a los individuos para obtener detalles de sus actividades laborales. Se indaga sobre el tiempo que han estado en la búsqueda de empleo, su historial laboral y los medios que utilizan para conseguir oportunidades de ingreso al mercado. Sin embargo, a pesar de su utilidad, no ofrece datos acerca de los requisitos específicos de contratación que demandan las empresas ni de las condiciones que proponen. Esta carencia abre la interrogante sobre, ¿cómo podemos obtener información detallada de lo que las compañías buscan en los candidatos?

En respuesta a este vacío, autores como Askitas y Zimmermann (2015), Greengard (2015) y Hernández *et al.* (2004) proponen una alternativa innovadora: usar los registros digitales para explorar fenómenos sociales, como el desempleo. Esta idea se sustenta en el uso extensivo de internet, el cual se ha convertido en un enorme *repositorio* de datos. Según estimaciones del Banco Mundial, desde su surgimiento, a principios de la década de los 90, el uso de la web ha crecido exponencialmente y en algunos países la proporción de usuarios alcanzó 80 %<sup>2</sup> (Hernández *et al.*, 2004). En América Latina, se calcula que seis de cada 10 individuos navegaban en la red todos los días, mientras que en México esta cifra subió a siete de cada 10.<sup>3</sup>

Estudios realizados por autores como Askitas y Zimmermann (2009), Hershbein y Kahan (2018), Kahan *et al.* (2020), Campos-Vázquez *et al.* (2020), Bäck *et al.* (2021) y Barbosa y De Oliveira (2021) han mostrado que los anuncios de empleo en línea representan un recurso valioso para examinar aspectos

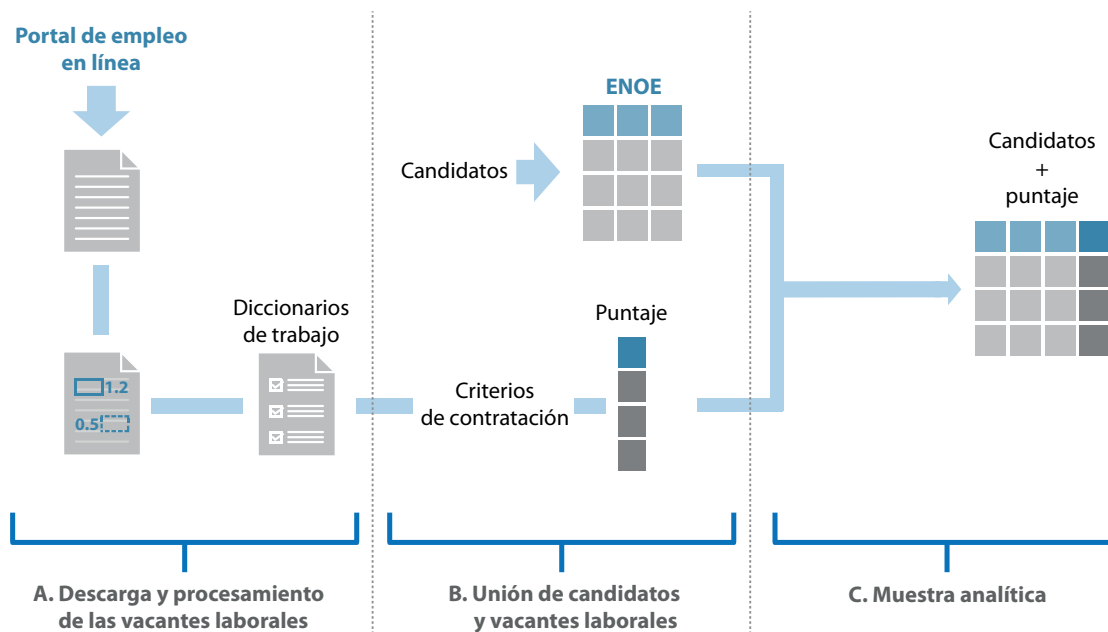
clave del ámbito laboral. Estos incluyen: 1) la demanda de habilidades específicas, 2) el aumento del desempleo, 3) la emergencia de puestos de trabajo vinculados con la tecnología, 4) el compromiso social de las compañías y 5) cambios en los patrones de contratación. Todos ellos parten de la premisa que internet es un medio de comunicación para encontrar trabajo, y el flujo de información aumenta en periodos de recesión económica o cuando existe un incremento del desempleo.

Nosotros retomamos la idea de utilizar las vacantes laborales publicadas en internet para estudiar los requisitos de contratación y las condiciones que ofrecen las empresas. El diagrama 1 ilustra cómo vinculamos las VL y la ENOE. A grandes rasgos, el proceso empieza con la descarga de los textos de las ofertas de trabajo disponibles en línea y su posterior análisis textual (sección A) y, enseguida, creamos la variable *puntaje* utilizando los datos de las vacantes y los unimos con la Encuesta (B). Así, en el último paso, ya tenemos la muestra analítica que combina los datos de estas dos fuentes de información. A continuación, se explica detalladamente cada etapa de este proceso.

2 Información del Banco Mundial.  
3 Ver: <https://bit.ly/3awJDZR>.

Diagrama 1

### Vínculo entre candidatos y vacantes laborales



Fuente: Elaboración propia.

### 3.1. Candidatos

La información de estos proviene de la ENOE del primer trimestre del 2021 (diagrama 1, sección B): 72 % de la encuesta se levantó con entrevistas cara a cara y 26 %, telefónicas (INEGI, 2007). Su fundamento teórico son las directrices de las Conferencias Internacionales de Estadísticos del Trabajo (CIET) y capta información de los ocupados y desocupados a nivel nacional. Además, cuenta con una batería de preguntas enfocadas en la población desempleada, donde se indaga sobre: su experiencia laboral, las razones por las cuales tuvieron que suspender su actividad económica y si están en búsqueda de otro empleo.

En ese periodo se registraron 2.5 millones de personas desocupadas en México. De este total, 797 352 individuos recurrieron al uso de internet para buscar empleo. A este subgrupo lo denominamos *candidatos*.<sup>4</sup> Este término no solo refleja su condición de desempleo, sino también su esfuerzo por encontrar trabajo de manera activa a través de la web. Dado este comportamiento, es razonable suponer que este consultó las ofertas que usamos para nuestro análisis, y en el cuadro 1 se muestran sus características. En primera instancia destaca que la proporción entre mujeres y hombres es similar, pero predominan los jóvenes entre 25 y 29 (22 %) con nivel de licenciatura (55 %).

### 3.2. Vacantes

Para recabar información sobre estas, analizamos el texto de las ofertas laborales publicadas en uno de los sitios web de empleo más destacados de México (Barbosa y De Oliveira, 2021; Campos-Vázquez *et al.*, 2020; Hershbein y Kahan, 2018; Kahan *et al.*, 2020).<sup>5</sup> Al ser públicos y vincular a los candidatos con las empresas, estos anuncios tienen el objetivo de estar visibles para todos. En total, consideramos 72 803 de enero

4 Esta cifra puede ser mayor. El cuestionario se le aplica a un informante adecuado, que es una persona del hogar mayor de 15 años de edad, por lo cual es probable que desconozca si los desocupados han buscado trabajo por internet.

5 Para mantener la confidencialidad de las empresas, omitimos el nombre de la página de internet, sin embargo, esta se encuentra entre los portales de empleo de mayor relevancia, como se muestra en: <https://bit.ly/3LDnk1m>.

Cuadro 1

### Características de los candidatos a ocupar un puesto de trabajo

Variable	Candidatos
Total	797 352
Sexo	
Hombre	55 %
Mujer	45 %
Rango de edad	45 %
18-24	28 %
25-29	22 %
30-34	16 %
35-39	9 %
40-44	8 %
45-49	7 %
50 y más	9 %
Nivel de escolaridad	
Primaria	2 %
Secundaria	12 %
Medio superior	31 %
Superior	55 %

Fuente: Elaboración propia con datos del 1.º trimestre del 2021 de la ENOE (INEGI, 2021).

a abril del 2021<sup>6</sup> y, para su recopilación, se utilizó la técnica de *web scraping*, un proceso que consiste en extraer información de internet, lo que favorece su descarga masiva y reduce el tiempo de procesamiento (Chapagain, 2019; Mitchell, 2018). El inconveniente es que los textos son heterogéneos y carecen de una estructura definida (Luscombe *et al.*, 2021).

Para hacer legible la información, creamos una base de datos en varias etapas. Primero, dividimos el texto en caracteres y con ellos se generaron los *tokens*,<sup>7</sup> los cuales pueden ser: palabras, números o símbolos (Manning *et al.*, 2014; Thanaki, 2017). Después, eliminamos los símbolos o signos de puntuación, así como los artículos y adjetivos calificativos que son irrelevantes al significado del texto.<sup>8</sup> Además, dado que en el idioma español existen dos variaciones

6 Se descartaron 6 074 anuncios escritos en inglés y 1 452 duplicados.

7 En el cuadro 5 se presenta un ejemplo de *tokenización*.

8 Un ejemplo son las *StopWords* que, en el caso del español, corresponden a los artículos, adjetivos o pronombres (Chakrabarti y Frye, 2017; Manning *et al.*, 2014).

lingüísticas (género y número) que afectan la escritura, obtuvimos la raíz de las palabras mediante la *lematización* de los *tokens*. Así, los términos de *mesero*, *mesera*, *meseras* se agruparon en una misma categoría porque son variaciones de un mismo concepto, aunque se escriban diferente.

Tras procesar el texto anteriormente descrito, identificamos las raíces de las palabras. En este punto, desarrollamos diccionarios que incluyeron las categorías de cada una de las variables (como se expone en los cuadros 1 y 2), los cuales se basaron en los criterios, tanto en la base de las VL como en la ENOE. Por ejemplo, para la ordenación de los sectores económicos, recurrimos al catálogo del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). Por último, elaboramos un algoritmo para comparar el texto de las vacantes contra los diccionarios configurados (ver cuadro 8). Al identificar coincidencias, generamos las variables correspondientes. Este procedimiento nos permitió obtener datos sociodemográficos importantes, como edad, sexo, estado civil y nivel de escolaridad. Asimismo, recopilamos información sobre las condiciones que las empresas ofrecen, abarcando aspectos como salario, prestaciones laborales, modalidad de trabajo y clasificación de la ocupación (Bhargava y Theunissen, 2019).

Con la base de datos de las VL conocemos la ubicación de los puestos de trabajo (entidad federativa), si se necesita experiencia, el grado escolar requerido y la clasificación de las actividades de acuerdo con el SCIAN. Cada una de estas variables ofrece información sobre las categorías que son más solicitadas, por ejemplo, en más de la mitad (56 %) de las vacantes es necesario un nivel de educación media y en 84 % de los casos se pide experiencia laboral previa.

### 3.3. Puntuación para obtener empleo

Las compañías prefieren personas que satisfagan una variedad de criterios: en la medida que los individuos cumplen con más de los requisitos, sus posibilidades de ser contratados aumentan. Bajo esta lógica, en la que se valora la capacidad de los candidatos para cumplir con múltiples con-

diciones, tomamos como referencia la base de VL y creamos la variable puntaje, la cual acumula las características demandadas por las empresas y se elabora sumando las frecuencias de las variables *entidad federativa*, *experiencia laboral*, *escolaridad* y *sector de actividad*. La fórmula empleada es:

$$\text{puntaje} = \text{entidad federativa} + \text{experiencia laboral} + \text{nivel de escolaridad} + \text{sector de actividad}$$

Por ejemplo, una vacante que requiere una persona de Aguascalientes, con experiencia laboral, nivel de preparatoria y en el sector de técnico en alimentos tendría un puntaje de 2.08: este valor es la suma de la frecuencia de entidad (0.0095), experiencia (0.8445), preparatoria (0.709) y técnico (0.5170) en la base VL. Si bien es cierto que cada empresa establece requisitos diferentes, estas cuatro características son recurrentes en la mayoría de los anuncios, lo que justifica su elección.

Por último, integramos el puntaje que obtuvimos con la información de las VL con los candidatos de la ENOE. Para ello, utilizamos tres variables comunes en ambas fuentes: *edad*, *sexo* y *entidad federativa*. El resultado final es una base que unifica las características de las personas y los requisitos de contratación de las empresas.

## 4. Metodología

El *puntaje* es una medida cuantitativa que nos permite determinar qué tan probable es que un candidato consiga empleo. Un valor elevado indica que el perfil del individuo alinea con las preferencias del mercado laboral. Para evaluar cuáles son los factores que afectan su comportamiento, aplicamos un modelo de regresión lineal (Manzano y Jiménez, 2017). En este, el *puntaje* se estableció como la variable dependiente, mientras que sexo ( $x_1$ ), rango de edad ( $x_2$ ) y tipo tanto de ocupación que tenían las personas en el trimestre pasado —i. e. 4.º del 2020— ( $x_3$ ) como de desocupados ( $x_4$ ) se consideraron las independientes:

$$\text{puntaje} = \beta + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \epsilon$$

Este modelo examina la influencia de las características sociodemográficas y aspectos de la trayectoria laboral de los candidatos. Esto se refleja en la inclusión del rango de edad y sexo, además de la condición de ocupación anterior —población económicamente activa (PEA) o inactiva (PNEA)— y el tipo de desempleado (no especificado, iniciadores o buscadores). Es importante destacar que la variable *puntaje* se derivó de las vacantes laborales disponibles en línea, mientras que los datos referentes a los perfiles de los individuos provinieron de la ENOE. Así, al combinar información recabada de internet con la de fuentes tradicionales para medir el desempleo, ampliamos nuestra perspectiva sobre las oportunidades de empleo disponibles para personas sin trabajo.

## 5. Resultados

En esta sección mostramos los hallazgos; se organiza en tres segmentos. En el primero examinamos las diferencias entre el perfil de los candidatos y las características de las vacantes laborales; este análisis nos permite responder a: ¿cuáles son las

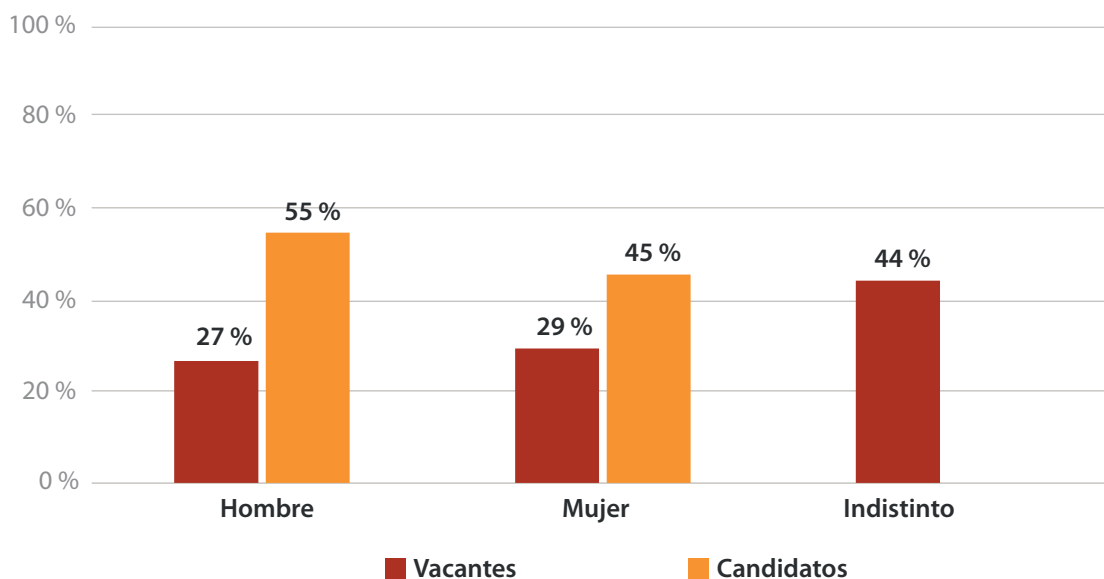
diferencias entre el perfil sociodemográfico de los candidatos y las características de las vacantes? En el segundo segmento nos enfocamos en las condiciones que piden las compañías, con lo cual contestamos a: ¿cuáles son los requisitos laborales que buscan las empresas? En el último apartado describimos el modelo estadístico que nos ayuda a saber: ¿cuáles son los factores que influyen para que un candidato sea contratado?

### 5.1. Diferencias

En relación con cuáles son las distinciones entre el perfil de los candidatos y las características de las vacantes, analizamos las siguientes dimensiones: edad, sexo y nivel de escolaridad. De este modo, la gráfica 1 muestra la frecuencia de la variable *sexo*. Los resultados sugieren que, en los individuos, el porcentaje de varones (55) es ligeramente mayor al de las mujeres (45), pero en el caso de las vacantes, la mayor proporción se encuentra en el rubro de *Indistinto* (44 %). Es probable que este hallazgo refleje un mercado de trabajo más equitativo, pero existe un sesgo, ya que no todas las empresas publican sus VL ni lo hacen en el mismo sitio.

Gráfica 1

#### Comparación entre el sexo de los candidatos y el solicitado en las vacantes laborales



Fuente: Elaboración propia con datos del 1.º trimestre del 2021 de la ENOE (INEGI, 2021) y las vacantes laborales disponibles en internet entre enero y abril.

La exploración de los rangos de edad revela diferencias significativas respecto a las preferencias de las empresas y las características de los candidatos. La gráfica 2 muestra que, mientras un amplio segmento de personas oscila entre los 18 y 24 años, las compañías tienden a buscar individuos de entre 30 y 34. Este patrón sugiere una preferencia empresarial por candidatos con experiencia laboral, ya que 80 % de las vacantes listan este requisito, algo que es más probable que cumplan quienes están dentro de la franja de 30 a 34 años.

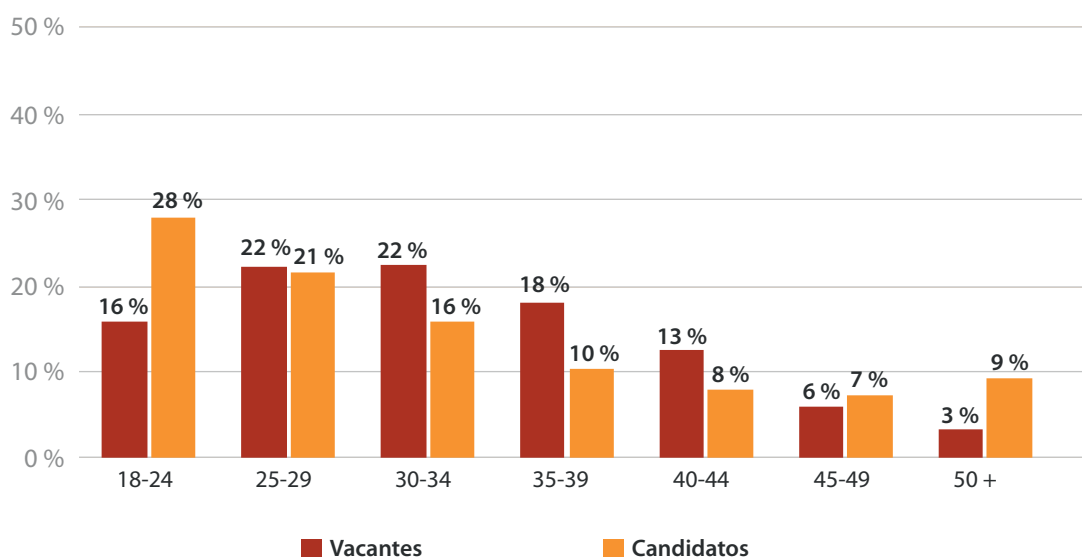
Esta preferencia por candidatos más experimentados resalta las dificultades que enfrentan los jóvenes al intentar ingresar al mercado de trabajo. Tal discrepancia en la demanda y oferta de trabajo por grupos de edad corrobora los hallazgos de investigaciones previas, como las realizadas por De Oliveira (2006) y Horbath (2004), quienes señalan que los jóvenes experimentan severas limitaciones para vincularse al mercado laboral, las cuales no solo reflejan la valoración de la experiencia laboral sobre otros atributos, sino también el desafío estructural que representa para ellos el encontrar oportu-

nidades de empleo que correspondan con sus niveles de formación y expectativas.

Otro hallazgo relevante de nuestro estudio es la discrepancia entre el nivel educativo demandado por las empresas y el que tienen los candidatos. Mientras que el más solicitado por las compañías corresponde al medio superior, gran parte de los individuos tiene el de licenciatura. Esta divergencia exhibe el desajuste entre las cualificaciones de los aspirantes y las necesidades del mercado laboral, lo que puede sugerir un riesgo de sobrecualificación de los trabajadores. Según De Vries y Navarro (2011) y Prieto (2011), este fenómeno es cada vez más frecuente y tiene consecuencias para el empleado y el empleador. Para los trabajadores, esto puede traducirse en desmotivación, menor satisfacción laboral y, en algunos casos, una depreciación de sus habilidades a lo largo del tiempo. Para los negocios, aunque puedan beneficiarse en un inicio por tener empleados altamente cualificados en puestos de menor exigencia, a largo plazo esto podría afectar la innovación y la productividad al no aprovechar de manera plena el potencial de su personal.

Gráfica 2

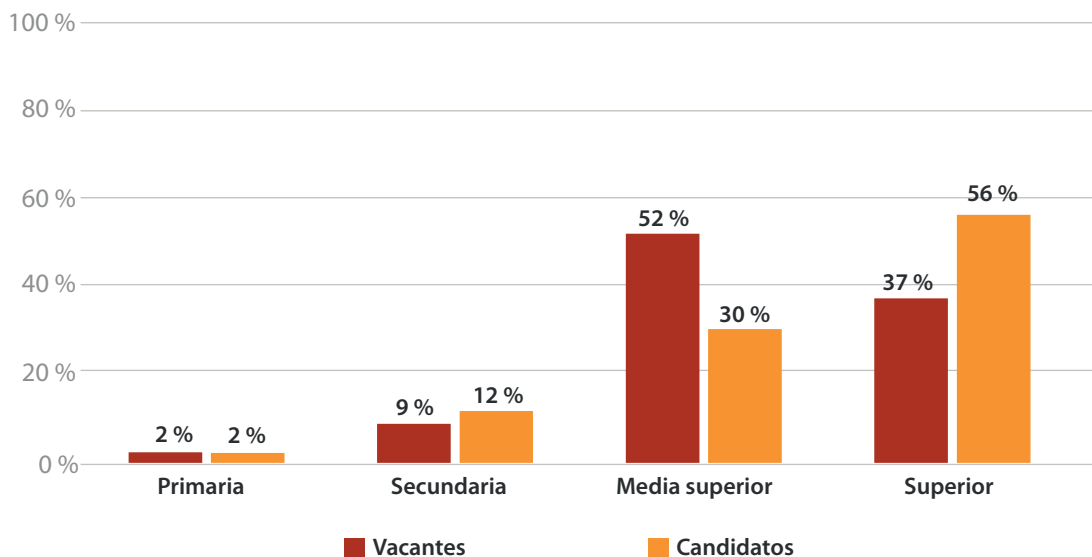
### Rango de edad de los candidatos y el solicitado en las vacantes laborales



Fuente: Elaboración propia con datos del 1.º trimestre del 2021 de la ENOE (INEGI, 2021) y las vacantes laborales disponibles en internet entre enero y abril.

Gráfica 3

### Escolaridad de los candidatos y la solicitada en las vacantes laborales



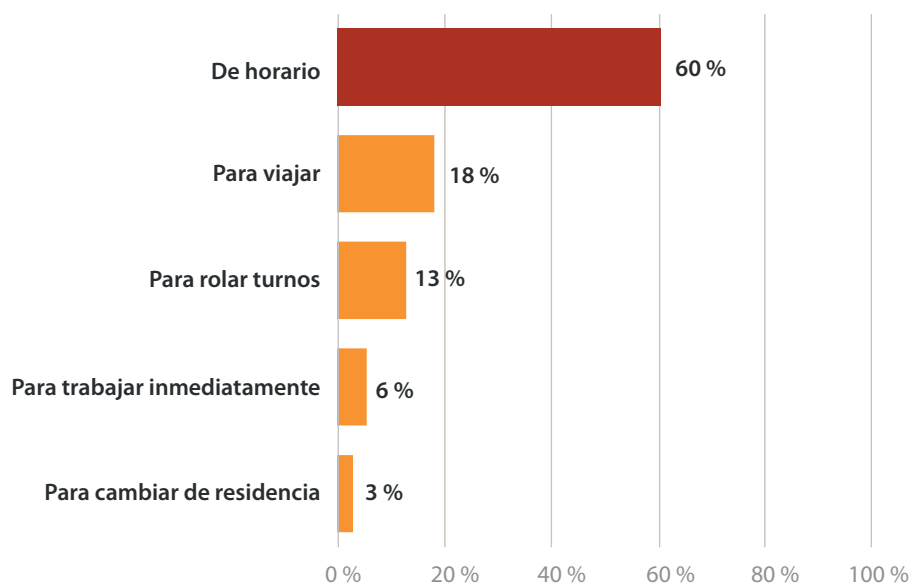
Fuente: Elaboración propia con datos del 1.º trimestre del 2021 de la ENOE (INEGI, 2021) y las vacantes laborales disponibles en internet entre enero y abril.

Durante el análisis del texto de las vacantes laborales, observamos que la palabra *disponibilidad* figura en más de la mitad de los anuncios revisados. Esta situación indica la presencia de requisitos para el empleo que trascienden las calificaciones académicas o características sociodemográficas de

los candidatos, lo que es evidencia de la importancia de ciertas disposiciones personales. Para profundizar en este aspecto, analizamos el contexto en el que se emplea la frase "... disponibilidad..." en las ofertas de trabajo. Los resultados presentados en la gráfica 4 muestran que la exigencia

Gráfica 4

### Frecuencia de palabras que completan la frase "... disponibilidad..."



Fuente: Elaboración propia con datos de las vacantes laborales disponibles en internet entre enero y abril del 2021.

predominante es *tener disponibilidad* de horario. Este requisito destaca la expectativa de las empresas de que los individuos estén dispuestos a adaptar su tiempo personal a las necesidades laborales. Al requerir una amplia disponibilidad de horario, podría ser síntoma de que los empleados deben estar preparados para sacrificar su tiempo libre.

## 5.2. Condiciones laborales

En relación con cuáles son las condiciones que ofrecen las empresas, examinamos el sueldo, la modalidad de trabajo, el tipo de contrato y las prestaciones laborales. Los resultados en la gráfica 5 indican que los salarios ofertados varían entre 9 mil y 12 mil pesos mensuales, cifra que representa entre dos y tres veces el salario mínimo.<sup>9</sup>

Es crucial contextualizar este hallazgo considerando el sesgo presente en la muestra analizada. Al des-

glosar la descripción de las ocupaciones disponibles, se observa que una mayoría significativa, 71 %, <sup>10</sup> se encuadra dentro de categorías profesionales y técnicas. Esta desviación en la información sugiere que, aun cuando el rango salarial pueda parecer adecuado a primera vista, podría no reflejar de manera fidedigna la diversidad de condiciones laborales en el mercado, en particular en ámbitos fuera de las competencias arriba mencionadas. La concentración de datos en estas áreas profesionales podría, inadvertidamente, ocultar disparidades salariales o de condiciones laborales en puestos de menor cualificación o en otros sectores económicos.

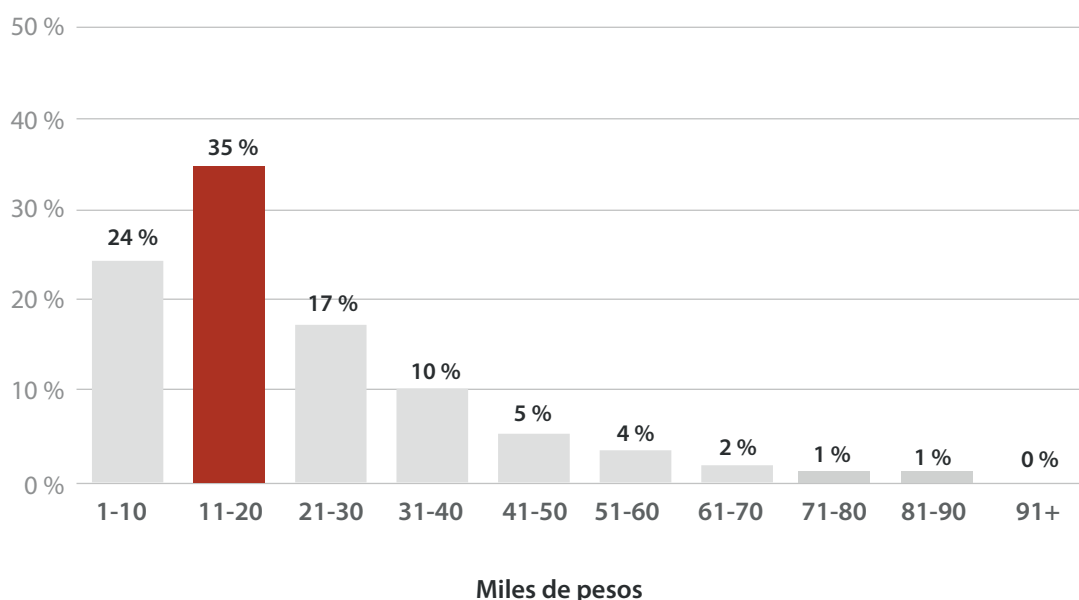
En cuanto a la modalidad de trabajo, en la gráfica 6 se ve que dos de cada 10 anuncios especifican que el empleo es "... a distancia...". El hecho de que se mantenga en casa agrega una segmentación más al mercado de trabajo, ya que ahora la diferencia está entre aquellos que sí pueden laborar en sus domicilios y quienes no. Es probable que esta

<sup>9</sup> El salario mínimo en México era de 141.70 pesos diarios, lo cual equivalía a 4 251 pesos mensuales, ver <https://bit.ly/3GhEFfh>.

<sup>10</sup> Para llevar a cabo esta clasificación, se utilizó el Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones (SINCO) 2019, ver <https://bit.ly/3WJu8oR>.

Gráfica 5

### Rango de sueldos ofertados por las empresas

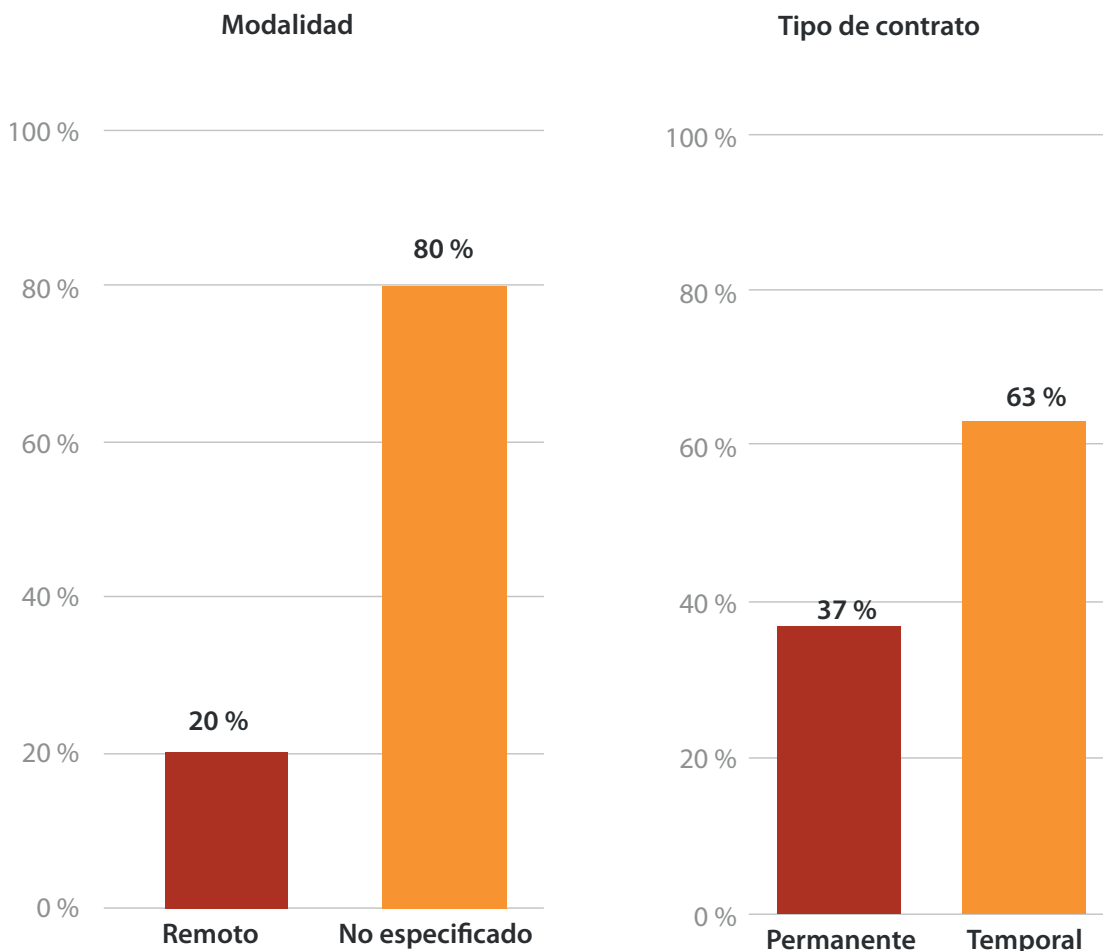


Fuente: Elaboración propia con datos de las vacantes laborales disponibles en internet entre enero y abril del 2021.



Gráfica 6

### Modalidad de trabajo y tipo de contrato ofertados por las empresas



Fuente: Elaboración propia con datos de las vacantes laborales disponibles en internet entre enero y abril del 2021.

forma perdure a lo largo del tiempo, como lo afirma Monroy-Gómez-Franco (2020), porque trabajar en casa resulta benéfico para los empleadores toda vez que se reducen costos asociados con la renta de los espacios físicos, internet y el pago de energía eléctrica. Sin embargo, para los trabajadores puede resultar poco conveniente, pues aumenta las tareas domésticas y laborales. Adicionalmente, encontramos que en las vacantes donde se especifica el tipo de contrato, en seis de cada 10 casos se trata de empleos temporales.<sup>11</sup> Por lo tanto, es fac-

tible suponer que todos aquellos que tengan éxito en vincularse al mercado de trabajo carecerán de estabilidad laboral debido al convenio pactado, por ello, al finalizar el periodo para el cual fueron requeridos, tendrán que buscar otro empleo.

Para analizar las prestaciones que ofrecen las empresas, se consideraron las categorías que utiliza la ENOE en el cuestionario de ocupación y empleo.<sup>12</sup> En la gráfica 7 se muestra que el mayor porcentaje se concentra en *Prestaciones de ley* (65).

11 En el cuadro 1 se encuentran los criterios usados para hacer la clasificación.

12 Preguntas 3l, 3m y 6d, ver <https://bit.ly/3LKON2T>.

Esto supondría, en un escenario ideal, que los trabajadores pueden esperar el registro al servicio médico, derecho a vacaciones y aguinaldo, lo cual está señalado en la *Ley Federal del Trabajo (LFT)* (SEGOB, 2021); a pesar de esto, es imposible saber si todos estos beneficios serán efectivos. Además, el hecho de considerar a los bonos por puntualidad, productividad y ventas (21 %), refleja que la responsabilidad depende directamente del comportamiento de los empleados.

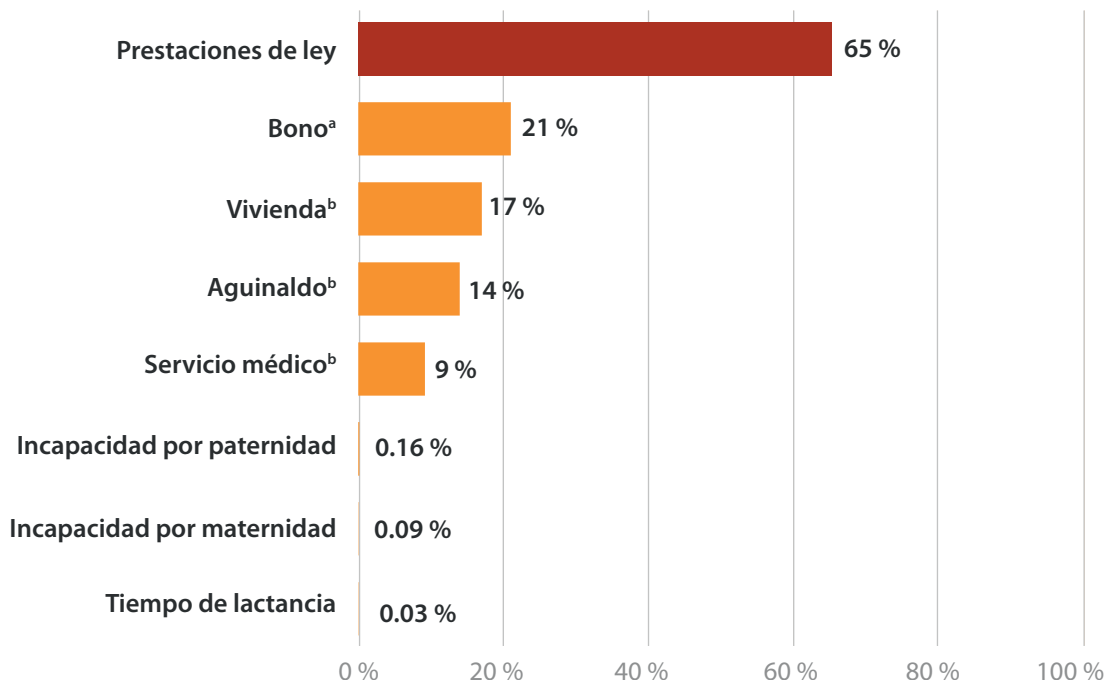
Otros de los derechos laborales que poco se han explorado son la licencia por maternidad o paternidad y la de lactancia. A pesar de que estos se encuentran garantizados por los convenios internacionales (OIT, 1981) y se incluyen en la *LFT*, los resultados muestran que son beneficios que no forman parte de las prestaciones regulares que ofrecen las empresas.

### 5.3. Factores que influyen en el puntaje de los candidatos para obtener empleo

En esta sección se presenta un resultado de modelo estadístico para reconocerlos. Un puntaje alto significa que el candidato tiene mayores probabilidades de ingresar al mercado de trabajo en comparación con quienes tienen valores bajos. El modelo, descrito en el cuadro 2, muestra que los individuos entre 46 y 60 años de edad experimentan un aumento de 0.107 unidades en su puntaje en comparación con los de 18 a 24 ( $p < 0.05$ ). Este incremento es el más destacado frente a las otras dos categorías de edad analizadas (26-35 y 36-45) que, aun cuando presentan mejoras significativas en el puntaje (0.071 y 0.078, respectivamente), no alcanzan el impacto observado en el grupo de mayor edad.

Gráfica 7

#### Prestaciones laborales ofertadas por las empresas



<sup>a</sup> La categoría incluye bonos por puntualidad, productividad y ventas.

<sup>b</sup> Se consideran a categorías similares de las preguntas 3l, 3m y 6d de la ENOE.

Fuente: Elaboración propia con datos de las vacantes laborales disponibles en internet entre enero y abril del 2021.

El análisis del modelo estadístico muestra la importancia de la condición de ocupación previa de las personas en su capacidad para reingresar al mercado laboral. Quienes formaban parte de la PEA en el último trimestre del 2020 presentaron una ventaja significativa, evidenciada por un aumento de 0.13 unidades en su puntaje, en comparación con aquellos cuya información previa era desconocida. Este incremento subraya la relevancia de que los individuos se mantengan activos laboralmente.

Por otro lado, incluso aquellos que no pertenecían a la PEA y, por ende, se consideraban fuera de la fuerza laboral, experimentaron un leve aumento de 0.047 unidades en su puntaje de empleabilidad. Este hallazgo sugiere que cualquier grado de actividad económica previa, aunque sea mínima, contribuye positivamente a las perspectivas de empleo de una persona. Este fenómeno refleja las características del mercado laboral en México, el cual, según Salas (2003), se caracteriza por un desempleo friccional. En este contexto, la transición entre empleos suele ser rápida, lo que permite a los desempleados encontrar nuevas oportunidades de trabajo en un corto plazo.

Un hallazgo interesante es que los iniciadores —es decir, aquellas personas que buscan empleo

por primera vez— tienen una ventaja en el mercado laboral porque su puntaje se incrementa en 0.23 unidades. Este aumento es, de manera notable, superior al de quienes han sido despedidos, resaltando la valoración positiva que se les otorga a los nuevos entrantes. Este dato sugiere que, a pesar de la falta de experiencia previa, los nuevos poseen cualidades o competencias que los hacen en particular atractivos para los empleadores. Podría interpretarse como un reflejo de la disposición de las empresas a invertir en talento fresco y potencialmente moldeable, que puede adaptarse a las dinámicas y necesidades del mercado. En contraste, quienes han perdido su trabajo podrían enfrentar estigmas o barreras adicionales al intentar reingresar, lo cual subraya la importancia de las estrategias de inserción laboral dirigidas a estos grupos.

## 6. Discusión

Nuestro aporte al estudio del mercado laboral en México es que comparamos las diferencias entre las VL disponibles en internet y el perfil de los candidatos. Utilizando datos extraídos de uno de los portales más importantes de México y la ENOE,

Cuadro 2

Continúa

### Modelo de regresión lineal por el Método de los Mínimos Cuadrados Ordinarios de la probabilidad de ingresar al mercado de trabajo

VARIABLES	Categorías	Coeficiente	p-valor
Sexo	Mujer (ref. Hombre)	-0.0174757 (0.015)	0.235
Edad	26-35 (ref. 18-25)	0.0780254 (0.017)	0.000
	36-45	0.0717799 (0.021)	0.001
	46-60	0.107115 (0.032)	0.001
	60 y más	0.0378997 (0.031)	0.215
Ocupación	PEA (ref. No especificado)	0.1335621 (0.022)	0.000
	PNEA	0.0478097 (0.023)	0.039

### Modelo de regresión lineal por el Método de los Mínimos Cuadrados Ordinarios de la probabilidad de ingresar al mercado de trabajo

Variabes	Categorías	Coefficiente	p-valor
Tipo de desocupados	Iniciadores (ref. No especificado)	0.2339974 (0.086)	0.006
	Buscadores	-0.0232111 (0.059)	0.696
Constante		0.3979849 (0.064)	0.000

Fuente: Elaboración propia con datos del 1.º trimestre del 2021 de la ENOE (INEGI, 2021) y las vacantes laborales disponibles en internet de enero a abril.

creamos la variable *puntaje*, la cual es una medida de qué tan probable es que los individuos cumplan con los requisitos que piden las empresas.

Este vínculo nos permite identificar que los jóvenes enfrentan mayores obstáculos para ingresar al mercado laboral, sobre todo debido a la falta de experiencia y a la competencia con candidatos previamente empleados. A esta dificultad se suma el hecho de que las empresas tienden a preferir a individuos con menor nivel educativo, en especial cuando la mayoría de las ofertas son de carácter temporal, lo que sugiere un ciclo repetitivo de desempleo y búsqueda de trabajo para estos.

Además, identificamos requisitos en las ofertas de empleo que trascienden las características educativas o sociodemográficas tradicionales. Destaca en particular que, prácticamente, todas las vacantes exigen disponibilidad de tiempo por parte de los candidatos. La interpretación de este requisito no es del todo clara, dado que, en principio, debería existir un horario de trabajo definido al que los empleados deben ajustarse. Sin embargo, este hallazgo sugiere que las empresas podrían esperar que los trabajadores realicen tareas más allá de lo normal. Este hecho respalda a lo encontrado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2020), lo cual indica que México registra jornadas laborales más extensas en comparación con otros países. Tal situación señalaría una potencial infracción de los derechos

laborales, donde la flexibilidad en el horario, lejos de beneficiar al empleado, se convierte en una exigencia que podría comprometer el equilibrio de su vida personal.

La pandemia por COVID-19 impactó las dinámicas laborales, consolidando el modelo de trabajo desde casa más allá del 2021, incluso después del levantamiento de las restricciones sanitarias. Este ajuste, si bien resulta ventajoso para las empresas al disminuir los costos operativos, podría ser el origen de la exigencia de flexibilidad horaria. Tal requisito conlleva la necesidad de que los empleados reorganicen su vida familiar de acuerdo con las demandas del trabajo.

Finalmente, contribuimos desde el punto de vista metodológico al integrar datos obtenidos de internet con encuestas probabilísticas. La unión de estas fuentes de información abre nuevas avenidas de investigación, lo que permite abordar temas inexplorados, como los requisitos de contratación de las empresas.

## 6.1. Sesgos y limitaciones

Los registros digitales están en constante crecimiento y tienen el potencial de ser usados como fuente de información para generar conocimiento. Esto puede reducir la dependencia directa de la producción de censos o encuestas, o bien, complementar

los datos que son difíciles de captar con estos instrumentos (Hernández *et al.*, 2004; Russell y Norvig, 2002). Sin embargo, carecen de una estructura definida, son heterogéneos y aún existen vacíos metodológicos sobre cómo analizarlos (Askitas y Zimmermann, 2015; Zagheni y Weber, 2015).

A lo largo de esta investigación se identificaron tres limitaciones que a continuación se describen:

1. El análisis se realizó con los datos obtenidos de uno de los portales de empleo más reconocidos e importantes de México. Sin embargo, existe la posibilidad de que las empresas no coloquen todas sus vacantes en línea, además de que hay otros sitios de internet cuya información se desconoce.
2. Gran parte de las ocupaciones se ubican en el rubro de profesionistas y técnicos.
3. La Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo utiliza una metodología probabilística, implicando que cada dato recopilado simboliza un número específico de individuos dentro de la población. Por contraste, las vacantes se exponen en su forma real, indicando que cada una corresponde a una posición disponible en el mercado laboral.

## 7. Codificación de las variables

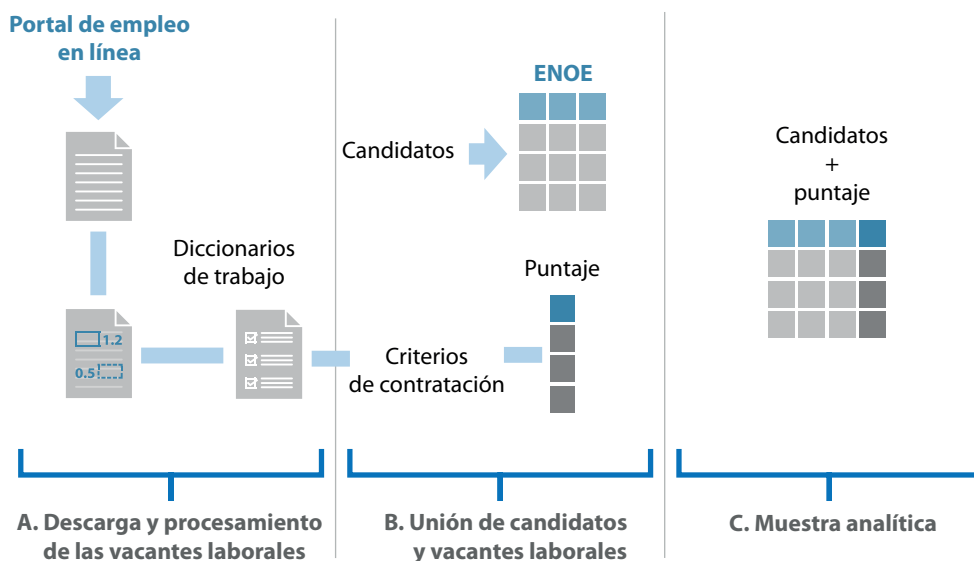
Para crear variables a partir de los textos de vacantes laborales, se siguieron estos pasos (ver diagrama 2):

1. Inicialmente, se eliminaron caracteres atípicos para garantizar su limpieza y claridad, y a cada vacante se le asignó un identificador único (id).
2. Después, se elaboraron diccionarios específicos para cada variable. En el caso de *sexo*, se establecieron tres categorías: *Mujer*, *Hombre* e *Indistinto*. Para cada una, se eligieron palabras clave capaces de identificarla, por ejemplo, para *Hombre*, las incluidas fueron *varón*, *masculino*, *señor* y *muchacho*.
3. Utilizando los identificadores y diccionarios, se aplicó un algoritmo capaz de detectar en los textos la presencia de términos asociados a cada categoría, por ejemplo, si en la vacante con el id 1 aparecía alguna palabra relacionada con la categoría *Hombre*, el sistema reconocía esta coincidencia y asignaba el valor adecuado.

En los cuadros 3 al 8 se muestran los diccionarios que se utilizaron para crear las variables.

Diagrama 2

### Ejemplo de cómo se crearon las variables



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3

### Categorías y palabras para crear las variables nominales

Variables cualitativas		
Variable	Categoría	Palabras clave
Sexo	Mujer	Mujer, femenino, señora, muchacha.
	Hombre	Hombre, masculino, varón, caballero, señor.
	Indistinto	Sexo indistinto, sexo indiferente.
Escolaridad	Primaria	Primaria.
	Secundaria	Secundaria, escolaridad básica.
	Medio superior	Bachillerato, preparatoria, medio superior, carrera técnica.**
	Superior	**
Estado civil	Soltera(o)	Soltero, soltera.
	Casada(o)	Casado, casada.
	Viuda(o)	Viudo, viuda.
	Divorciada(o)	Divorciada, divorciado.
	Separada(o)	Separado, separada.
Tipo de contrato	Temporal	Temporal, obra determinada, destajo, <i>freelance</i> , eventual.
	Permanente	De base, de planta, nominal, contrato permanente.

\*\* La clasificación de carreras técnicas y profesionales se hizo con base en el catálogo del INEGI (s. f.)

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4

### Palabras clave para crear las variables binarias

Variables binarias	
Variable	Palabras clave
Experiencia laboral	Con experiencia.
Prestaciones - 1	Aguinaldo, vacaciones, utilidades.
Prestaciones - 2	Crédito para vivienda, guardería, cuidados maternos, fondo de retiro, seguro de vida, gastos médicos, caja de ahorro, préstamos personales.
Prestaciones - 3	Prestaciones de ley.
Prestaciones - 4	Bono de, bono por.
Médico	IMSS, seguro médico.
Modalidad a distancia	A distancia, remota, <i>home office</i> , en casa, en línea, teletrabajo, virtual, online.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5

## Variable edad

Rango	Edades												
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	...
20-24 años	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
24-26	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6

## Variable ingreso

Rango \$	Ingreso							
	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	...
1 950-4 000	1	1	1	1	0	0	0	
6 000	0	0	0	0	0	1	0	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7

## Ejemplo de la tokenización de las palabras

Token	Forma del token
Zona	Xxxx
20000	dddd
Ing.	Xxxd

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 8

## Ejemplo de la lematización

Token	Lema
Ingeniera	Ingeniería
Ingenieras	
Ingeniero	
Ingeniería	
Ing.	

Fuente: Elaboración propia.

co para cada persona, la mayor parte de los anuncios laborales tenía un rango, por ejemplo: "de 20 a 24 años", "25 a 26". La mínima que se tomó en cuenta fue 18 años y la máxima, 98; esta decisión obedeció a que estos son los mismos rangos que se utilizan para calcular los indicadores laborales de la ENOE. Para codificar esta información, se crearon variables binarias para cada una de las edades y se asignó el valor 1 si estaba en el rango solicitado y 0, en lo opuesto (ver ejemplo en cuadro 5).

- Salario. Al igual que el caso anterior, la mayoría de las ofertas consideraba un rango salarial, por lo que se crearon variables binarias para capturar este dato. El más bajo fue de 1 000 pesos y el más alto, de 100 mil; para hacer la clasificación, se redondearon los valores a múltiplos de mil, por ejemplo, el valor 1 950 se ubicó en la variable 1 000 (ver ejemplo en cuadro 6).

En el caso de las variables *edad* y *salario*, el tratamiento fue distinto:

- Edad. A diferencia de las fuentes de información tradicional donde esta es un valor úni-

## Fuentes

Aguerrevere, G., N. Amaral, C. Bentata y G. Rucci. *Desarrollo de habilidades para el mercado laboral en el contexto de la COVID-19*. Banco Interamericano de Desarrollo, 2020.

- Allen, M. y P. Ainley. The Precariat: "The new dangerous class", en: *International Studies in Sociology of Education*. 65(1), 2012, pp. 121-124 (DE) <https://doi.org/10.1111/j.1468-246X.2011.01423.x>.
- Askitas, N. y K. Zimmermann. "The internet as a data source for advancement in social sciences", en: *International Journal of Manpower*. 36(1), 2015, pp. 2-12 (DE) <https://doi.org/10.1108/IJM-02-2015-0029>.
- \_\_\_\_\_. "Google econometrics and unemployment forecasting", en: *German Council for Social and Economic Data (RatSWD)*. 41, 2009.
- Bäck, A., A. Hajikhani y A. Suominen. *Text Mining on Job Advertisement Data: Systematic Process for Detecting Artificial Intelligence Related Jobs*. Beijing, China, 1st Workshop on AI + Informetrics - All2021, 2021.
- Bagnasco, A. "The informal economy", en: *Current Sociology*. 38(2), 1990, pp. 157-174 (DE) <https://doi.org/10.1177/001139290038002008>.
- Barbosa, M. W. y V. M. de Oliveira. "The Corporate Social Responsibility professional: A content analysis of job advertisements", en: *Journal of Cleaner Production*. 279, 2021 (DE) [bit.ly/3XteDzH](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.101822).
- Bhargava, D. y P. Theunissen. "The future of PR is 'fantastic', 'friendly' and 'funny': Occupational stereotypes and symbolic capital in entry-level job advertisements", en: *Public Relations Review*. 45(4), 2019 (DE) <https://doi.org/10.1016/j.pubrev.2019.101822>.
- Campos-Vázquez, R. "Returns to cognitive and non-cognitive skills: evidence for Mexico", en: *Applied Economics Letters*. 25(16), 2018, pp. 1153-1156 (DE) <https://doi.org/10.1080/13504851.2017.1403551>.
- Campos-Vázquez, R., G. Esquivel y R. Badillo. "How has labor demand been affected by the COVID-19 pandemic? Evidence from jobs ads in Mexico", en: *Latin American Economic Review*. 46, 2020, pp. 94-122 (DE) <https://doi.org/10.47872%2Fflaer-2021-30-1>.
- Castro Méndez, N., A. Escoto, N. Florez, I. Nava, L. Navarrete, E. Pacheco, M. Padrón, P. Román y V. Sosa. "Precariedad laboral y riesgo de contagio entre los trabajadores en las actividades esenciales en el marco de la pandemia por COVID-19", en: *Coyuntura Demográfica*. 11(19), 2021a, pp. 27-32.
- Castro Méndez, N., A. R. Escoto Castillo, N. Florez Vaquiro, I. Nava Bolaños, E. L. Navarrete, E. Pacheco Gómez, M. Padrón Innamorato, M. V. Sosa Márquez y R. P. Román Reyes. "México y su población ocupada al inicio de la pandemia por COVID-19: entre la esencialidad y el riesgo en el trabajo", en: *Revista Latinoamericana de Población*. 15(29), 2021b, pp. 166-210 (DE) <https://doi.org/10.31406/relap2021.v15.i2.n29.7>.
- Cavallero, R. T. "Flexibilidades, rigideces y precarización", en: Cavallero, R. T., D. C. Fernández y N. B. Tavira (eds.). *Trabajo global y desigualdades en el mercado laboral*. CLACSO, 2016, pp. 185-202 (DE) <https://doi.org/nfxw>.
- Chakrabarti, P. y M. Frye. "A mixed-methods framework for analyzing text data", en: *Demographic Research*. 37, 2017, pp. 1351-1382 (DE) <https://doi.org/10.4054/DemRes.2017.37.42>.
- Chapagain, A. *Hands-On Web Scraping with Python*. Packt Publishing, 2019.
- Covarrubias, A., R. Arciniega, J. Hernández y E. Martínez. *Gestión de recursos humanos, organización y calidad en los empleos*. 2016, p. 153.
- De Oliveira, O. "Jóvenes y precariedad laboral en México", en: *Papeles de Población*. 12(49), 2006, pp. 37-73.
- De Vries, W. y Y. Navarro. "¿Profesionistas del futuro o futuros taxistas? Los egresados universitarios y el mercado laboral en México", en: *Revista Iberoamericana de Educación Superior*. 2011, pp. 3-27 (DE) <https://doi.org/nfxx>.
- De Vroey, M. "Involuntary unemployment: the missing piece in Keynes's General Theory", en: *The European Journal of the History of Economic Thought*. 4(2), 1997, pp. 258-283 (DE) <https://doi.org/10.1080/10427719700000039>.
- Del Río Monges, J. *Estrategia de mitigación para enfrentar al COVID-19 en México: análisis y resultados tras un año de pandemia*. 2021.
- García, B. "Los mercados de trabajo urbanos de México a principios del siglo XXI", en: *Revista Mexicana de Sociología*. 71(1), 2009, pp. 5-46.
- García, B. y E. Pacheco. "Esposas, hijos e hijas en el mercado de trabajo de la Ciudad de México en 1995", en: *Estudios Demográficos y Urbanos*. 43, 2000, pp. 35-63.
- Góngora Torres, B., J. J. Hernández Castro, C. C. Martínez Trejo, J. R. Campos y S. Ruiz de los Santos. *Experiencias y estrategias de protección social desde organizaciones de trabajadores/as informales urbanos en México: los casos de la Ciudad de México, Mérida y Monterrey*. 2011 (DE) <https://doi.org/nfx2>.
- Greengard, S. *The internet of things*. MIT press, 2015 (DE) <https://doi.org/nfx3>.
- Guadarrama, R., A. Hualde y S. López. "Precariedad laboral y heterogeneidad ocupacional: una propuesta teórico-metodológica", en: *Revista Mexicana de Sociología*. 74, 2012, pp. 213-243.
- Guerra, N., K. Modecki y W. Cunningham. "Developing social-emotional skills for the labor market: The PRACTICE model", en: *World Bank Policy Research Working Paper, 7123*. 2014.
- Hamilton, J. D. "A Neoclassical Model of Unemployment and the Business Cycle", en: *Journal of Political Economy*. 96(3), 1988, pp. 593-617 (DE) <https://doi.org/10.1086/261553>.
- Hemelt, S., B. Hershbein, S. Martin y K. Stange. "College Majors and Skills: Evidence from the Universe of Online job ads", en: *National Bureau of Economic Research Working Paper Series, No. 29605*. 2021 (DE) <https://doi.org/10.3386/w29605>.
- Hernández, J. "Calidad laboral en México, 2006 y 2013. Una perspectiva de género", en: Maza Díaz Cortés, O., J. Rubio Campos, J. J. Morales Marquez y J. G. Rodríguez Gutiérrez (eds.). *El trabajo que México necesita*. Asociación Mexicana de Estudios del Trabajo, 2015, pp. 110-114. ISBN 978-607-96476-1-2.
- Hernández, J., M. Ramírez y C. Ferri. *Introducción a la minería de datos*. Madrid, España, Editorial Pearson Prentice Hall, Pearson Educación, 2004, 680 pp.
- Hershbein, B. y L. B. Kahn. "Do Recessions Accelerate Routine-Biased Technological Change? Evidence from Vacancy Postings", en: *American*



- Economic Review*. 108(7), 2018, pp. 1737-1772 (DE) <https://doi.org/10.1257/aer.20161570>.
- Horbath Corredor, J. E. "Primer empleo de los jóvenes en México", en: *Papeles de Población*. 10(42), 2004, pp. 199-248.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). *Cómo se hace la ENOE. Métodos y procedimientos*. México, INEGI, 2007 (DE) [bit.ly/4e3UXYE](http://bit.ly/4e3UXYE).
- \_\_\_\_\_. *Comunicado de prensa núm. 142/20*. 2020 (DE) [bit.ly/3zcxg1y](http://bit.ly/3zcxg1y).
- \_\_\_\_\_. *Comunicado de prensa núm. 280/21*. 2021 (DE) [bit.ly/47gX3T8](http://bit.ly/47gX3T8).
- \_\_\_\_\_. *Clasificación de carreras técnicas o comerciales, profesionales, maestrías y doctorados - histórica*. s. f. (DE) [bit.ly/3Tgblbr](http://bit.ly/3Tgblbr).
- Kahn, L., F. Lange y D. Wiczer. *Labor Demand in the time of COVID-19: Evidence from vacancy postings and UI claims*. National Bureau of Economic Research, 2020.
- Keynes, J. *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*. Cuarta edición. México, Fondo de Cultura Económica, 2003.
- Lomnitz, L. "Mecanismos de articulación entre el sector informal y el sector formal urbano", en: *Revista Mexicana de Sociología*. 40(1), 1978, pp. 131-153.
- Luscombe, A., K. Dick y K. Walby. "Algorithmic thinking in the public interest: navigating technical, legal, and ethical hurdles to web scraping in the social sciences", en: *Quality and Quantity*. 2021 (DE) <https://doi.org/10.1007/s11135-021-01164-0>.
- Manning, C. D., M. Surdeanu, J. Bauer, J. R. Finkel, S. Bethard y D. McClosky. "The Stanford CoreNLP natural language processing toolkit", en: *Proceedings of 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: System Demonstrations*. 2014, pp. 55-60.
- Manzano, J. y E. Jiménez. "Regresión lineal múltiple", en: *Análisis multivariante aplicado con R*. Ediciones Paraninfo, S. A., 2017 pp. 261-316.
- Marconi, G. y L. Vergolini. "The demand for language skills in the European labour market: Evidence from online job ads", en: *SSRN Electronic Journal*. 2022 (DE) <https://doi.org/10.2139/ssrn.4152463>.
- Martínez-Licerio, K. A., J. Marroquín-Arreola y H. Ríos-Bolívar. "Precarización laboral y pobreza en México", en: *Análisis Económico*. XXXIV(86), 2019, pp. 113-131 (DE) <https://doi.org/nfx7>.
- Mitchell, R. *Web scraping with Python: Collecting more data from the modern web*. O'Reilly Media, Inc., 2018.
- Monroy-Gómez-Franco, L. "¿Quién puede trabajar desde casa? Evidencia desde México", en: *Documento de Trabajo, 06*. Centro de Estudios Espinosa Yglesias, 2020.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Convenio sobre la igualdad de oportunidades y de trato entre trabajadores y trabajadoras: trabajadores con responsabilidades familiares*. OIT, 1981.
- \_\_\_\_\_. *International training compendium on labour statistics: module 1, statistics of employment, unemployment, underemployment: economically active population*. OIT, 2003.
- \_\_\_\_\_. *Formalizando la informalidad juvenil. Experiencias innovadoras en México*. OIT, 2015.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). *OECD Employment Outlook 2020*. OCDE, 2020 (DE) <https://doi.org/nfx8>.
- Palomino, H. y C. Senén González. "Emergencia de subsistemas de relaciones laborales en las empresas: sus impactos socio-culturales", en: *Relaciones Laborales y Seguridad Social*. 1(1), 1998, pp. 18-33.
- Prieto, R. N. "El concepto estadístico de informalidad y su integración bajo el esquema del grupo Delhi", en: *Realidad, Datos y Espacio Revista Internacional de Estadística y Geografía*. 2(3), 2011, pp. 76-95.
- Pugliese, E. "Qué es el desempleo", en: *Política y Sociedad*. 34, 2000, pp. 59-67.
- Puyana, A. "Del Tratado de Libre Comercio de América del Norte al Acuerdo México-Estados Unidos-Canadá. ¿Nuevo capítulo de la integración México-Estados Unidos?", en: *Trimestre Económico*. 87(347), 2020, pp. 635-668 (DE) <https://doi.org/10.20430/ete.v87i347.1086>.
- Ramos, J., D. Coble, R. Elferman y C. Soto. "The Impact of Cognitive and Noncognitive Skills on Professional Salaries in An Emerging Economy, Chile", en: *The Developing Economies*. 51(1), 2013, pp. 1-33 (DE) <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/deve.12000>.
- Roncaglia, A. "Tasa de desempleo y tasas de empleo: ¿categorías estadísticas o construcciones teóricas?", en: *Investigación Económica*. 65(257), 2006, pp. 45-61.
- Rouquié, A. y G. Ramos. "México y el TLCAN, veinte años después", en: *Foro Internacional*. 55(2), 2015, pp. 433-453.
- Ruiz, C. "Reestructuración productiva e integración. TLCAN 20 años después", en: *Problemas del Desarrollo*. 46(180), 2015, pp. 27-50 (DE) <https://doi.org/f26fpv>.
- Russell, S. y P. Norvig. *Artificial intelligence: a modern approach*. Pearson, 2002.
- Sáinz, J. P. P. "¿Es necesario aún el concepto de informalidad?", en: *Revista Perfiles Latinoamericanos*. 7(13), 1998, pp. 55-71.
- Salas, C. "Trayectorias laborales entre el empleo, el desempleo y las microunidades en México", en: *Papeles de Población*. 9(38), 2003, pp. 121-157.
- Secretaría de Gobernación (SEGOB). "ACUERDO por el que se establecen acciones extraordinarias para atender la emergencia sanitaria generada por el virus SARS-CoV2", en: *Diario Oficial de la Federación*. México, 31 de marzo de 2020.
- \_\_\_\_\_. "Decreto por el que se reforma el artículo 311 y se adiciona el capítulo XII Bis de la Ley Federal del Trabajo, en materia de Teletrabajo", en: *Diario Oficial de la Federación*. México, 11 de enero de 2021.
- Schrank, A. "Gestión de la flexibilidad e inspección del trabajo en el mundo latino", en: *Revista Internacional del Trabajo*. 127, 2008, pp. 1-26 (DE) <https://doi.org/10.1111/j.1564-9148.2008.00021.x>.
- Thanaki, J. "Python Natural Language Processing", en: *Packt Publishing Ltd*. 2017.

Velarde, L., G. Yamada y P. Lavado. "Habilidades no cognitivas y brecha de género salarial en el Perú", en: *Estudios Públicos*. 135, 2014, pp. 89-129 (DE) <https://doi.org/nfzf>.

Walker D. A. y Jan Van Daal (trad. y eds.). *Leon Walras, elements of theoretical economics or he theory of Social Wealth*. Cambridge University Press, 2014.

Weinberger, C. "The Increasing Complementarity between Cognitive and Social Skills", en: *The Review of Economics and Statistics*. 96(5), 2014, pp. 849-861 (DE) [https://doi.org/10.1162/REST\\_a\\_00449](https://doi.org/10.1162/REST_a_00449).

Zagheni, E. e I. Weber. "Demographic research with non-representative internet data", en: *International Journal of Manpower*. 36(1), 2015, pp. 13-25 (DE) <https://doi.org/10.1108/IJM-12-2014-0261>.

# Análisis de la distribución de las tiendas de abarrotes y de conveniencia en la Ciudad de México y el estado de México

## Analysis of the Distribution of Grocery and Convenience Stores in Mexico City and the State of Mexico

Benjamín de Jesús Quintana Chimal\*

El propósito del presente trabajo es el de estimar el número de establecimientos abarroteros que existen alrededor de los de conveniencia mediante la fórmula de Haversine, analizando las distintas ubicaciones en las que es más notoria la presencia de estos últimos. Además, se abordan las distintas ventajas y desventajas que tienen las primeras sobre las segundas.

**Palabras clave:** *retail*; conveniencia; abarrotes; geolocalización.

Recibido: 22 de enero de 2024.

Aceptado: 26 de marzo de 2024.

The purpose of this paper is to estimate the number of grocery stores that exist around convenience stores using the Haversine methodology, analyzing the different locations where the presence of convenience stores is more noticeable. Apart from location, the different advantages, and disadvantages that grocery stores have over convenience stores are also addressed.

**Key words:** retail; convenience; grocery; geolocation.

---

\* Analista independiente, bjqc96@gmail.com.



Escena callejera de la ciudad de San Juan Teotihuacán/ María SaMuir/ iStockphoto.

## Introducción

La comercialización minorista de abarrotes en México representó 12.8 % del total de ingresos del comercio al por menor en 2021 —de acuerdo con cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)—, de los cuales, 82.3 % de las transacciones se realizaron directamente en el establecimiento (INEGI, 2022). Según la Secretaría de Economía, en el primer trimestre del 2021 su aportación al Producto Interno Bruto (PIB) fue de 2.92 billones de pesos, resaltando la importancia que tienen en la economía nacional, sin embargo, en dicha fuente se confirma una caída de 10 % en comparación con el trimestre anterior (INEGI, 2022).

De acuerdo con la Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE, 2023), hay barreras a la competencia entre el canal de venta tradicional y el moderno, esto debido principalmente a la

capacidad de procesar pagos con tarjeta (débito, crédito, vales de despensa), que al no existir esta modalidad de pago en el canal tradicional, todo se ve reducido a las transacciones en efectivo que, según un estudio realizado por el Banco de México (BANXICO, 2020), es el medio más usado, sin embargo, desde la pandemia, este viene a la baja, situándose en 2020 en 83 % de formas de liquidar.

Partiendo de la información anterior, se genera la hipótesis de que al concentrar servicios bancarios y de otros tipos, así como comercialización de abarrotes, con distintos medios de pago y horarios extendidos, las cadenas de conveniencia<sup>1</sup> pueden atraer más clientes, ya que si se hace una comparación con el canal tradicional este se vuelve *obsoleto*.

<sup>1</sup> Se denomina tiendas de conveniencia a los establecimientos comerciales que venden artículos cotidianos en un horario de 16 horas o superior, y cuya extensión no supera los 500 metros cuadrados.

## Datos

Para analizar la distribución de las tiendas de abarrotes, se empleó el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)<sup>2</sup> —INEGI, 2023— filtrando todas aquellas que pertenecieran a la Ciudad de México y el estado de México, con la selección de las variables del *id* (que es la clave única de cada comercio), el código postal, así como la latitud y longitud, de las 604 391 unidades económicas disponibles.

En el caso de las cadenas de conveniencia, se eligió comparar con la más grande en México que es OXXO, la cual contiene 21 399 locaciones. Los datos de las sucursales se obtuvieron de un listado del banco AFIRME (2023) filtrando las pertenecientes a

esas mismas entidades federativas con la selección del código postal, latitud y longitud.

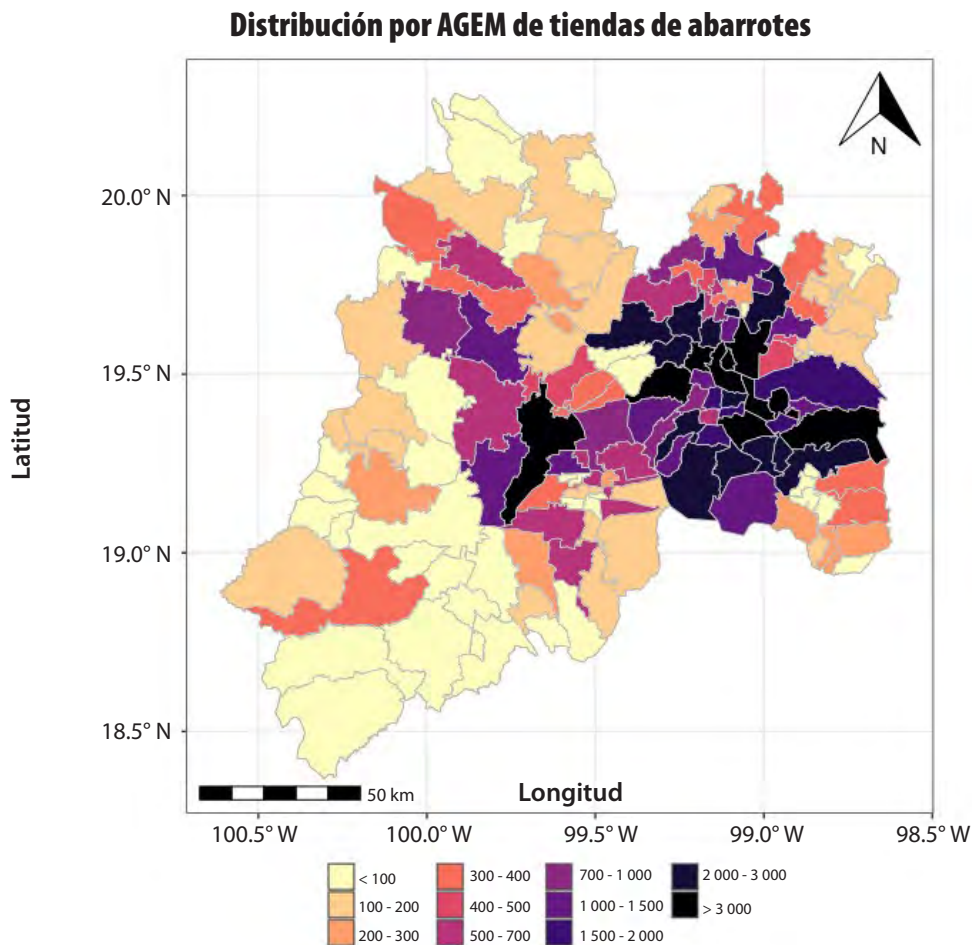
Para hacer los mapas, se emplearon dos archivos *.json* (*JavaScript Object Notation*) que se obtuvieron del repositorio del Grupo de Investigación de Geotecnología en Infraestructura, Transporte y Sustentabilidad (GITS, 2023) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

En el análisis de la distribución de ambos tipos de comercio de abarrotes, se hizo un conteo de las locaciones que comprenden las áreas geoestadísticas municipales (AGEM), asignando la demarcación territorial a la que pertenecen con el código postal registrado.

Observando el mapa 1, las AGEM que tenían mayor número de tiendas de abarrotes registradas

2 Sistema del INEGI.

Mapa 1



pertenecen a la zona conurbada de la Ciudad de México y la capital mexicana.

En el mapa 2 se aprecia que, para el caso de las tiendas de conveniencia, estas se aglomeran en la Ciudad de México y Toluca, con la peculiaridad de que los municipios del norte y sur del estado de México tienen una concentración baja, en comparación con las de abarrotes, que presentan una distribución heterogénea.

## Metodología

Para analizar la distribución del comercio de abarrotes, se estima mediante la fórmula de Haversine, esto debido a que la Tierra es un planeta con forma similar a una esfera, por lo que emplear la

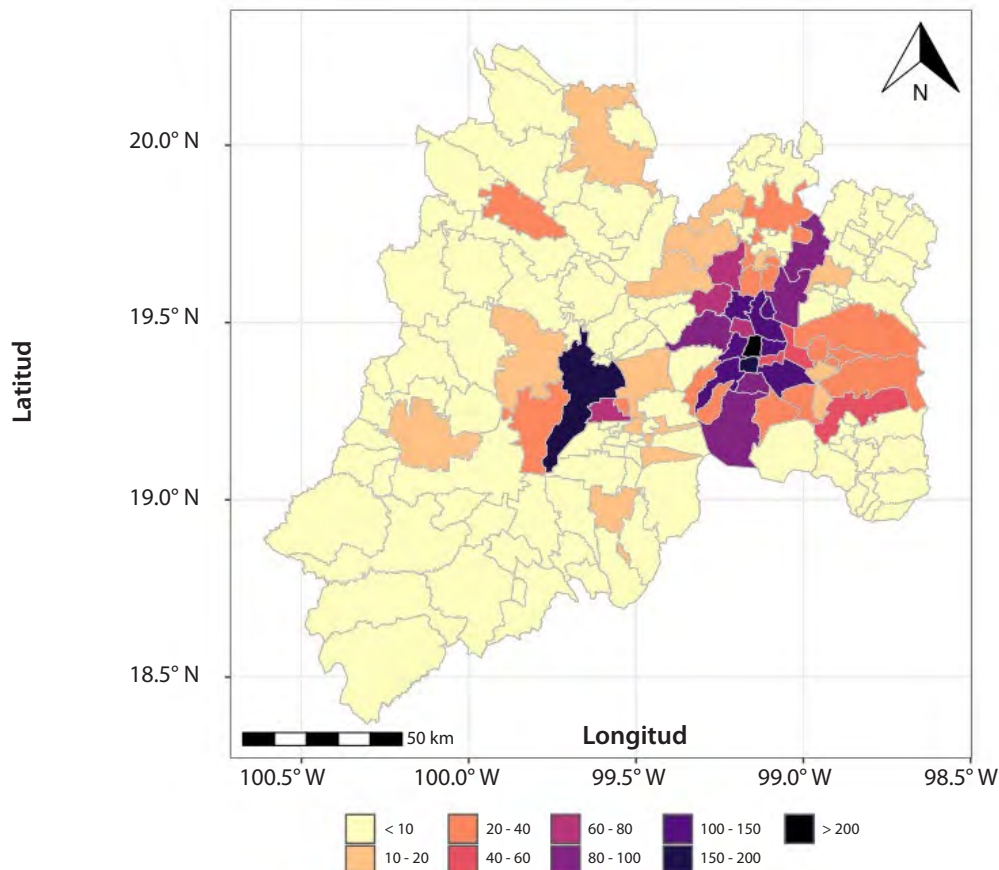
fórmula euclidiana es inapropiado y los resultados serían erróneos. Esta expresión matemática permite calcular la distancia ( $d$ ) entre dos puntos mediante el uso de la latitud ( $lat$ ) y la longitud ( $lon$ ); así, entonces, se toma como punto fijo a las coordenadas individuales de la cadena de conveniencia ( $x_1$ ) y se mide la separación entre esta y las tiendas de abarrotes ( $x_2$ ) aledañas pertenecientes a la misma demarcación que la cadena. La fórmula puede ser expresada de la siguiente manera:

$$d(x_1, x_2) = 2 * R * \arcsin \left( \sqrt{\sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat_2) * \cos(lat_1) * \sin^2\left(\frac{\Delta lon}{2}\right)} \right)$$

donde  $R$  es el radio promedio de la Tierra, el cual equivale a 6 371 kilómetros.

Mapa 2

### Distribución por AGEM de tiendas de conveniencia



Fuente: Elaboración propia.

Así, la latitud y longitud de cada OXXO se mantienen fijas, mientras que las de las tiendas de abarrotes permanecen móviles; el número de comercios alrededor se calcula con el conteo de aquellas que se encuentren en un radio de 350 metros.

Se eligió dicho radio porque, de acuerdo con la agencia de información de *retail* Nielsen (2013), una persona en México recorre en promedio cuatro cuadras desde su vivienda hacia la tienda de abarrotes; esta cifra, traducida a metros, equivale a 350. Se decidió considerarla en el estudio dado que es una empresa de capital privado y es necesario cubrir un costo para acceder a información más reciente. Todos los cálculos y mapas se hicieron en el lenguaje R empleando las librerías citadas.

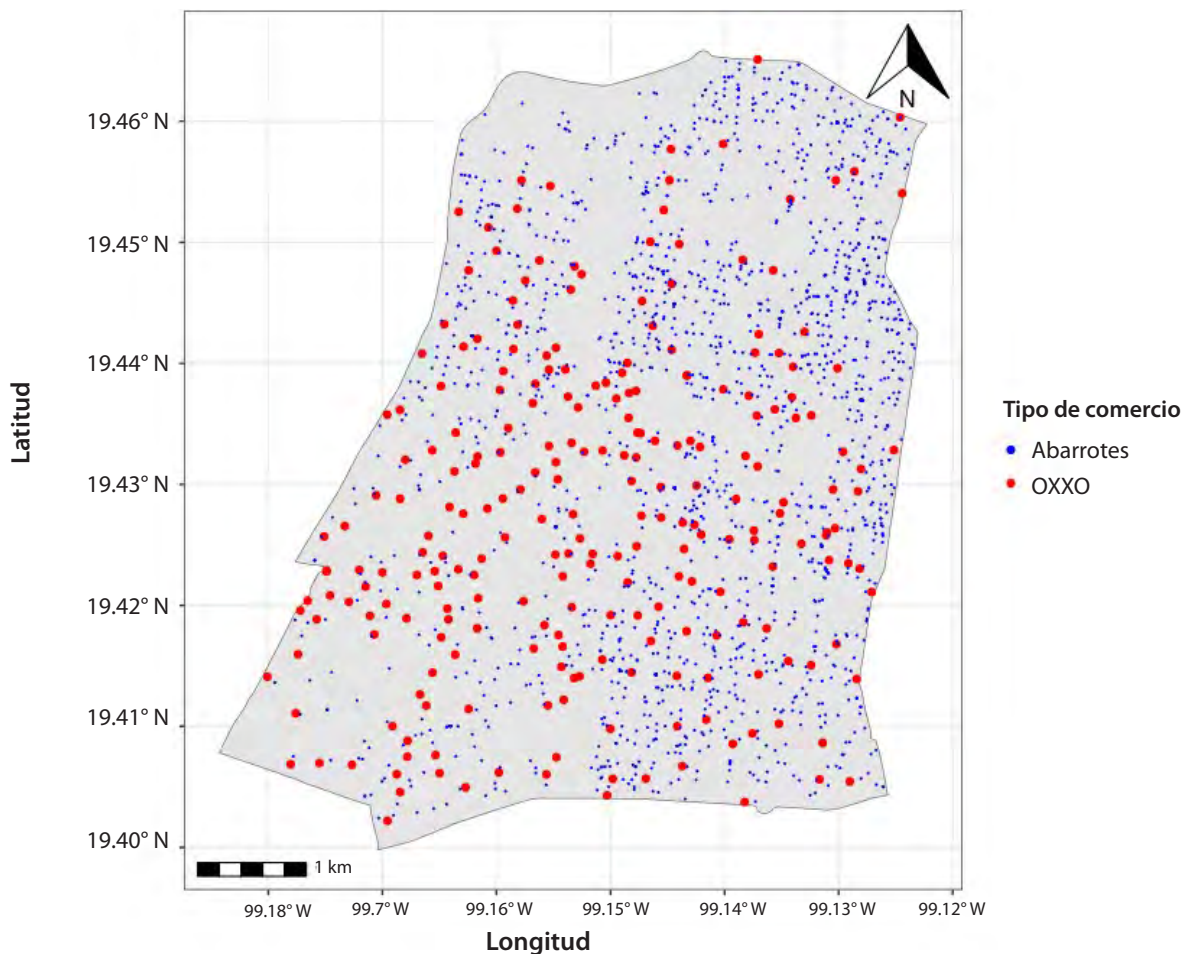
## Discusión de resultados

Se hizo un análisis profundo de las AGEM que tenían mayor número de cadenas de conveniencia mediante mapas individuales y estimando la densidad de tiendas de abarrotes dentro del radio seleccionado.

La AGEM que se analizó en primera instancia fue la demarcación territorial Cuauhtémoc debido a que es la que más comercios albergaba, dentro de la cual existían 244 tiendas OXXO y 1 825 de abarrotes. De esta, en el mapa 3 se puede apreciar que, en la parte sur poniente, la presencia de las segundas es inexistente comparada con las de OXXO; en la zona se encuentran las colonias Roma, Condesa e Hipódromo.

Mapa 3

### Dispersión en la demarcación territorial Cuauhtémoc



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en la parte norte oriente, las tiendas de abarrotes abundaban y las sucursales de OXXO eran limitadas, caso inverso del sur poniente. En esa zona se encuentran las colonias Tlatelolco, Peralvillo, Maza y Tepito. En el caso del sur oriente de la demarcación se aprecia la presencia de ambos tipos de comercio, siendo una zona balanceada entre ambos, donde se encuentran la Doctores, Obrera, Tránsito, Algarín y Paulino Navarro.

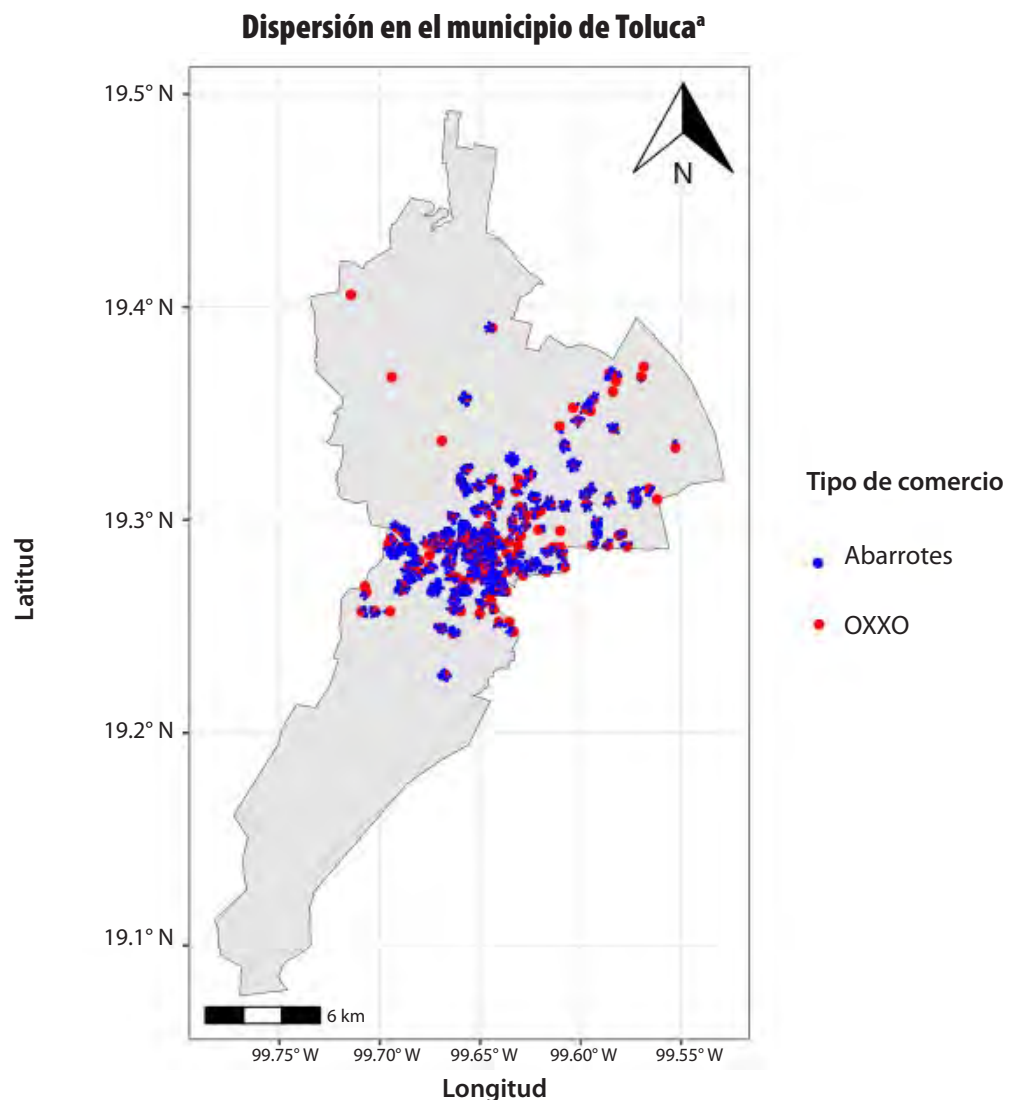
Empleando la fórmula de Haversine y el radio establecido, la densidad estimada fue de 18.2 tiendas de abarrotes en promedio por cada OXXO, esto evaluando todos los establecimientos de es-

tos giros comerciales de la demarcación, sin embargo, entre más pequeña sea la segmentación más cambiará la estimación debido a la variación de la presencia de los tipos de comercio en las diferentes zonas.

La ciudad de Toluca es la segunda AGEM que más sucursales de OXXO y tiendas de abarrotes tuvo registradas en el DENU del INEGI (108 y 5 808, respectivamente).

En el mapa 4 se ve una concentración heterogénea de comercio de abarrotes, con una acumulación importante de comercios en el centro del

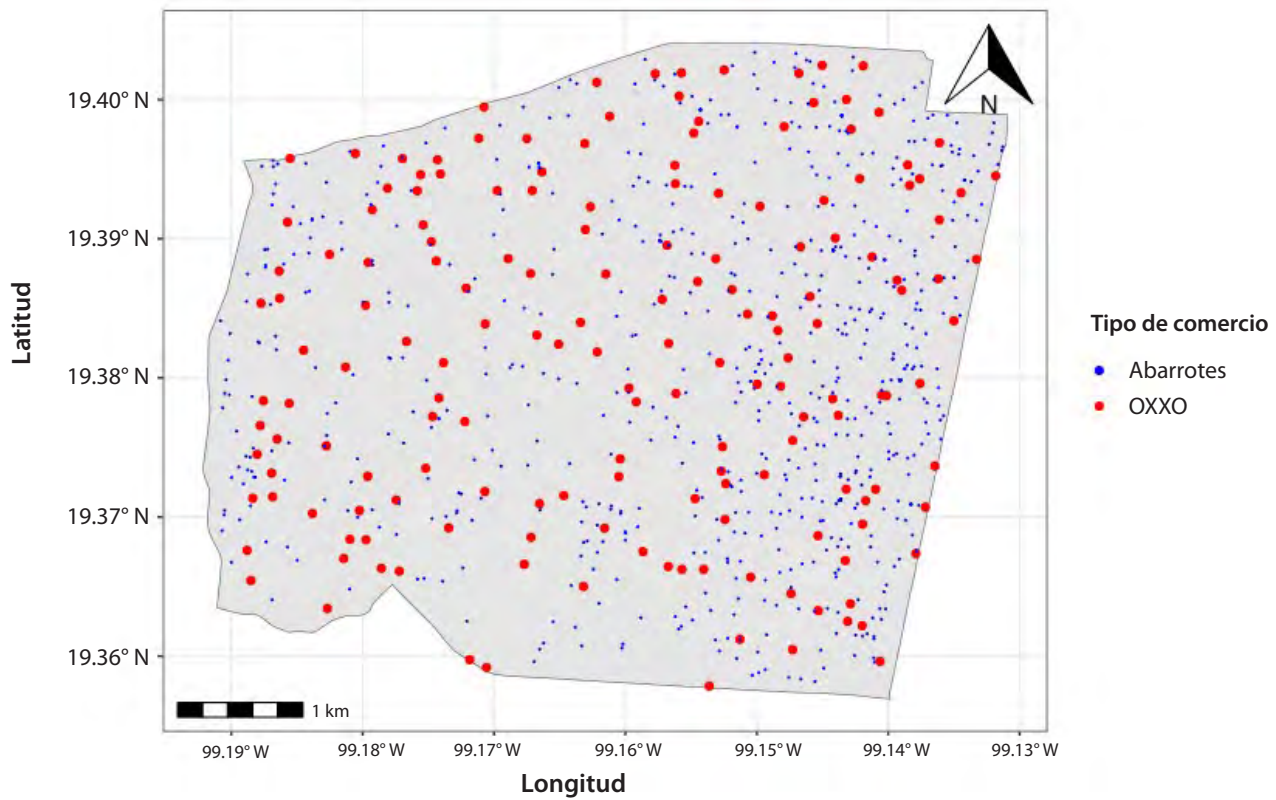
Mapa 4



<sup>a</sup> El mapa incluye únicamente las tiendas de abarrotes que se encuentran en un radio de 350 metros alrededor de una sucursal de OXXO, esto con fines de visualización.  
Fuente: Elaboración propia.



### Dispersión de la demarcación territorial Benito Juárez



Fuente: Elaboración propia.

municipio. Delimitándolo entre las latitudes 19.25 y 19.35 se encontraron 162 sucursales de OXXO y 4 147 tiendas de abarrotes, por lo que el grueso de este giro comercial al menudeo (*reatil*) estaba en esa zona.

El resultado de la estimación de densidad promedio fue de 14.6 tiendas de abarrotes por cada OXXO, evaluando el total del municipio. Para el caso de Toluca, había sucursales de OXXO que se encontraban en vías de comunicación y, por ende, no hubo presencia de tiendas de abarrotes cerca; debido a esto, el cálculo puede estar sesgado, sin embargo, la afectación no es significativa, pues solo se identificaron tres sucursales en esa situación.

Para el caso de la demarcación territorial Benito Juárez (mapa 5), se tuvo registro de 169 sucursales de OXXO y 680 tiendas de abarrotes. En su lado oriente se observa la mayor parte de las segundas en colonias como Moderna, Nativitas, Niños Hé-

roes, Álamos y Portales, mientras que para la parte poniente se aprecian en la San Pedro de los Pinos, Nápoles, Del Valle, Insurgentes y Mixcoac.

La densidad estimada para la Benito Juárez es de 10.3 tiendas de abarrotes promedio por cada sucursal de OXXO.

### Conclusiones

La pandemia por COVID-19 modificó el comportamiento del consumidor pues, debido a la propagación de la enfermedad, las transacciones en efectivo disminuyeron, siendo las tiendas de conveniencia las principales beneficiadas ya que, aparte de aceptar formas de pago alternas, ofrecen múltiples servicios que permiten ahorrar tiempos de traslado a cambio de una comisión. Dichos efectos se multiplican por la llegada de extranjeros a ciudades

mexicanas con permiso de trabajo debido a que sus medios de pago habituales son con divisas internacionales o tarjetas de crédito (Hernández, 2022).

Analizando los mapas correspondientes a la Ciudad de México, se logra identificar de manera gráfica que las colonias donde la densidad de tiendas OXXO resultó mayor son aquellas en las que el nivel socioeconómico es más elevado y son, justamente, las predilectas de los extranjeros para vivir, como la Roma, Condesa, Hipódromo y Juárez para el caso de la demarcación Cuauhtémoc, y la del Valle y Nápoles para la Benito Juárez.

Las tiendas de abarrotes se enfrentan a una desventaja tecnológica por las limitaciones en los sistemas de pago; por ende, es importante adoptar medios alternos al efectivo, ya que se consideran valiosos para el alcance y posicionamiento de las pequeñas y medianas empresas (pymes) (García Silvestre, 2021).

Por otra parte, las tiendas de abarrotes tienen la ventaja del precio, ya que es más barato adquirir bienes de consumo en el canal tradicional que en los establecimientos de conveniencia, por lo que esa brecha podría emplearse para cubrir la comisión de algunas terminales para realizar cobros con tarjeta y no tener que minimizar su margen de ganancia y así incrementar su participación en el mercado.

Hoy en día es posible adquirir terminales para el cobro con tarjeta de crédito, débito y vales de despensa, así como aperturar cuentas bancarias para recibir pagos mediante transferencias bancarias, de servicios diversos (recibos de energía eléctrica o teléfono) y recargas telefónicas, entre otros.

## Fuentes

AFIRME. *Sucursales autorizadas para realizar pagos*. 2023 (DE) <https://www.afirme.com/dam/jcr:28a5a601-e270-487b-bc04-7e8fbc0feff5/SUCURSALES%20OXXO%202022.pdf>.

Álvarez López, J. D. *Análisis comparativo de las tiendas de abarrotes y el auge de las tiendas de conveniencia en CDMX*. Colombia, Universidad de Santo Tomás, 2020.

Banco de México (BANXICO). *Resultados de la encuesta telefónica 2020: medios de pago usados mediante la pandemia*. Oficina de Análisis y Estudios de Efectivo, 2020.

Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE). *COFECE determinó falta de condiciones de competencia y la existencia de barreras a la competencia en el procesamiento de pagos con tarjeta*. COFECE, 2023.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Unidades económicas. De comercio al por menor de abarrotes, bebidas, hielo y tabaco*. México, INEGI, 2023 (DE) <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>.

\_\_\_\_\_. *Comunicado de prensa núm. 733/22. Encuesta Anual del Comercio: cifras de 2021*. México, INEGI, 2022 (DE) <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2022/EAC/EAC2021>.

Dunnington, D. *ggspatial: Spatial Data Framework for ggplot2. R package version 1.1.9*. 2023 (DE) <https://CRAN.R-project.org/package=ggspatial>.

García Silvestre, A. J. *Las ventajas competitivas y su alcance en el posicionamiento de las pymes*. Universidad Tecnológica de San Juan del Río, 2021 (DE) <https://www.researchgate.net/publication/356784322>.

Grupo de Investigación de Geotecnología en Infraestructura, Transporte y Sustentabilidad (GITS). *IDEA*. UNAM, 2023 (DE) [bit.ly/4cLt3je](http://bit.ly/4cLt3je)

Hernández Cordero, A. *Presentación del tema central: gentrificación en ciudades mexicanas*. 2022 (DE) [bit.ly/4e44Jdi](http://bit.ly/4e44Jdi).

Luraschi, J., K. Kuo, K. Ushey, J. Allaire y The Apache Software Foundation. *sparklyr: R Interface to Apache Spark. R package version 1.1.0*. 2020 (DE) <https://CRAN.R-project.org/package=sparklyr>.

Nielsen. *¿Quién compra en el canal tradicional?* Nielsen Shopper Solutions, 2013.

Pebesma, E., y Bivand, R. *Spatial Data Science: With Applications*, en: *R. Chapman and Hall/CRC*. 2023 (DE) <https://doi.org/10.1201/9780429459016>.

Pedersen, T. *ggforce: Accelerating 'ggplot2'. R package version 0.4.1*. 2022 (DE) <https://CRAN.R-project.org/package=ggforce>.

Pedraza González, Y. *Entre el canal tradicional y la tienda de conveniencia*. GDV Group, 2014.

Rezania Agramanisti, A. y D. Febriyanti. "Use of Haversine Formula in Finding Distance Between Temporary Shelter and Waste End Processing Sites", en: *Journal of Physics: Conference Series*. 1500 012104, 2020 (DE) DOI: 10.1088/1742-6596/1500/1/012104.

Wickham, H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York, Springer-Verlag, 2016.

Wickham, H., R. François, L. Henry, K. Müller and D. Vaughan. *dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.1.3*. 2023 (DE) [bit.ly/3XuFtYk](http://bit.ly/3XuFtYk).

Wickham, H. y J. Bryan. *readxl: Read Excel Files. R package version 1.3.1*. 2019 (DE) <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>.

# Análisis de la distribución espacial de la calidad del agua en **el acuífero Valle del Guadiana**

## Analysis of the Spatial Distribution of Water Quality **in the Guadiana Valley Aquifer**

Eliud Abraham Gutiérrez Rodríguez,\* Félix Alonso Alcázar Medina, \*María Teresa Alarcón Herrera\*\*  
y María Dolores Josefina Rodríguez Rosales\*



Monitoreo de la calidad del agua/Biserka Stojanovic/Stockphoto.

\* Instituto Tecnológico de Durango, eliud\_rdgz@hotmail.com, felix.alcazar@hotmail.com y mdjoserr@itdurango.edu.mx, respectivamente.

\*\* Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C. (CIMAV), Unidad Durango, teresa.alarcon@cimav.edu.mx.

Este trabajo es un análisis de las aguas subterráneas del Valle del Guadiana mediante información recopilada de 117 pozos monitoreados por Aguas del Municipio de Durango y la Comisión Nacional del Agua, complementados con datos vectoriales del Servicio Geológico Mexicano de muestras de sedimentos de ríos y arroyos. Utilizando un método matemático de evaluación de la calidad del agua, se identificaron el arsénico y el fluoruro como los principales contaminantes. Los resultados indican que estos tienen un origen geogénico de tipo secundario, afectando significativamente al acuífero.

**Palabras clave:** arsénico; fluoruro; co-Kriging; calidad del agua.

Recibido: 23 de enero de 2024.

Aceptado: 27 de junio de 2024.

## Introducción

La calidad del agua subterránea es un tema crítico en la hidrogeología y salud pública, especialmente en regiones áridas y semiáridas, donde los recursos hídricos son limitados (OMS, 2008).

El arsénico (As) y el fluoruro (F) son dos contaminantes prevalentes en el agua subterránea, conocidos por sus efectos adversos en la salud humana. El primero puede causar una variedad de enfermedades, incluyendo cáncer y afecciones cardiovasculares, mientras que el segundo, en concentraciones elevadas, puede llevar a la fluorosis dental y esquelética (Chávez, 2010; Reyes *et al.*, 2016).

En el acuífero Valle del Guadiana se ha registrado la presencia de contaminantes en concentraciones superiores a las permitidas por la normatividad para consumo humano, principalmente As y F (Alarcón *et al.*, 2001; Alarcón *et al.*, 2020; Barrientos, 2017; Chávez, 2010; Martínez *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2020; Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2020). Además, se ha detectado cromo (Cr) en algunas localidades (Chávez, 2010), por lo que

This work is an analysis of the groundwater in the Guadiana Valley, using information collected from 117 wells monitored by Aguas del Municipio de Durango and the National Water Commission, complemented with vector data from the Mexican Geological Service of sediment samples from rivers and streams. Using a mathematical method of water quality assessment, arsenic, and fluoride were identified as the main contaminants. The results indicate that these have a secondary geogenic origin, significantly affecting the aquifer.

**Key words:** arsenic; fluoride; co-Kriging; water quality.

es importante mantener un monitoreo continuo de su distribución.

El presente estudio tiene como objetivo la evaluación de la distribución espacial de la calidad del agua subterránea para abastecimiento público en el acuífero Valle del Guadiana, mediante los siguientes enfoques:

- Identificación de los contaminantes que la afectan, comparando las concentraciones con los límites permisibles establecidos por la normativa mexicana NOM-127-SSA1-2017 (Salud *et al.*, 2019).
- Aplicación de un método matemático para evaluar la calidad del agua.
- Determinación del origen de los contaminantes.

## Descripción del área de estudio

El acuífero Valle del Guadiana se localiza en el municipio de Durango, Durango (ver mapa 1); cuenta con una superficie de 4 817 km<sup>2</sup> y un área de 14 % bajo decreto de veda desde 1956 y bajo suspensión del libre alumbramiento desde 2013 (CONAGUA, 2013).

El clima de la región es semiárido y las aguas subterráneas del acuífero son la principal fuente del vital líquido para 673 753 habitantes, de los cuales 91.43 % se concentra en la ciudad de Victoria de Durango, capital del estado, y el resto, en 773 localidades (INEGI, 2020).

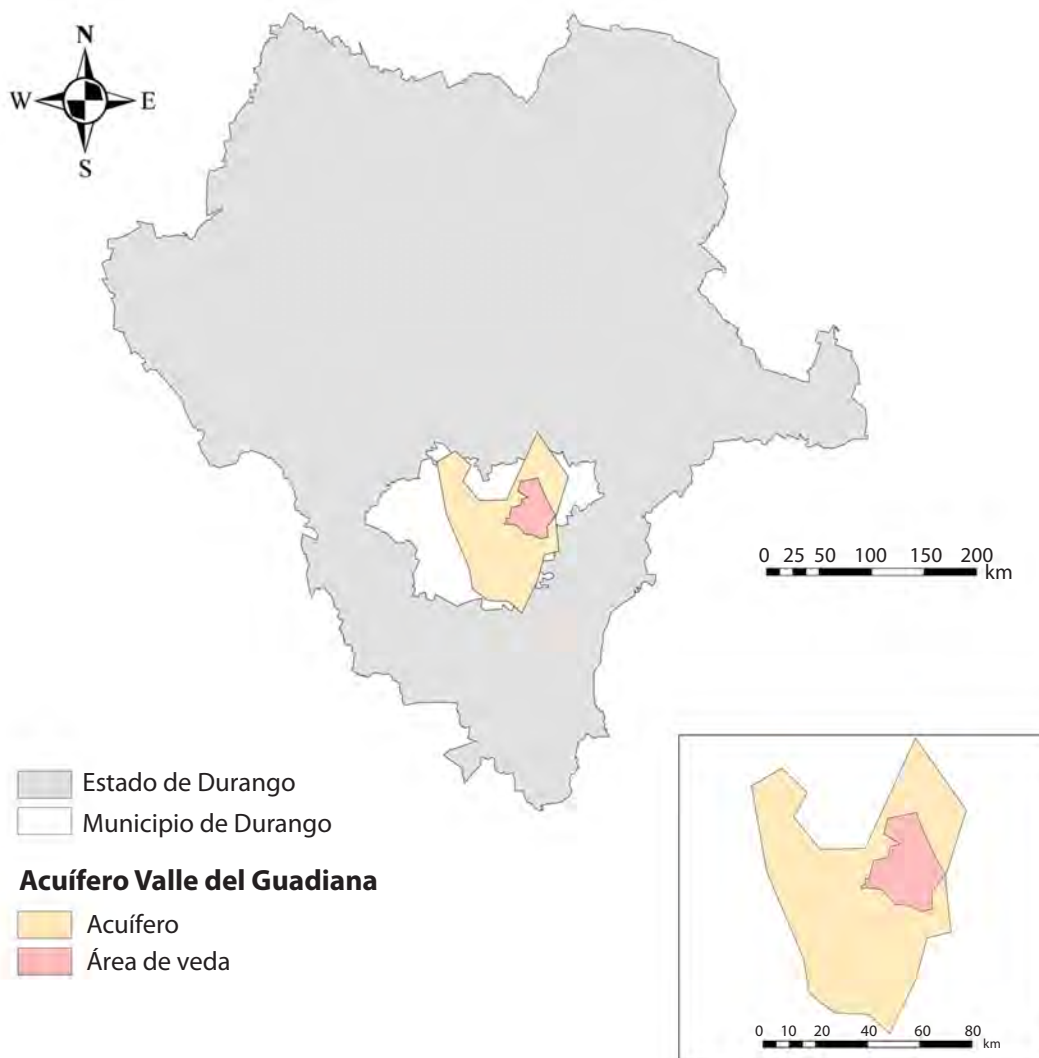
Hasta el 2020, el Registro Público de los Derechos del Agua contaba con información de un total de 1 267 aprovechamientos subterráneos, represen-

tando anualmente un volumen de 127 004 902.50 m<sup>3</sup>, del cual 51 % era de uso público urbano; 25.61 %, para el agrícola; 12.23 % se empleaba en diferentes usos; 5 %, en el ámbito industrial; y el resto se distribuía entre los acuícolas, domésticos, pecuarios y de servicios (CONAGUA, 2020).

La geología del acuífero está conformada por rocas volcánicas, principalmente riolitas y basaltos (62.80 y 15.79 % de cobertura, respectivamente),

Mapa 1

### Localización del acuífero en el municipio de Durango, Durango



Fuente: Elaboración propia.

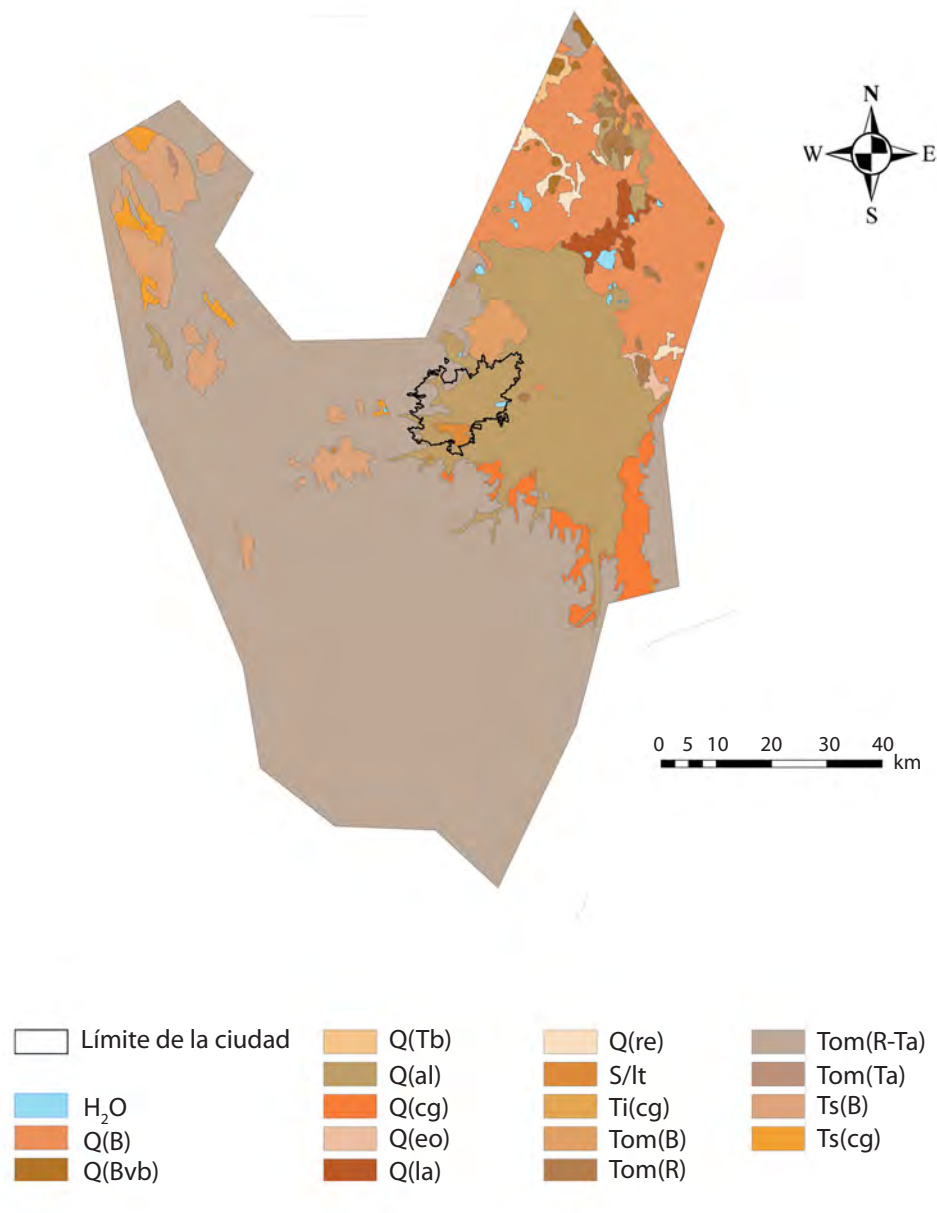
así como una formación aluvial (INEGI, 1998). El mapa 2 presenta sus afloramientos geológicos.

Al noreste del acuífero se localiza el Campo Volcánico de Durango (CVD), una planicie de unos 2

100 km<sup>2</sup> cubierta por derrames volcánicos que representan un volumen estimado de 20 km<sup>3</sup> y, aproximadamente, 100 conos de ceniza o lava de la era cuaternaria (Aranda *et al.*, 2015). El mapa 3 muestra la localización del CVD, según el Centro

Mapa 2

### Afloramientos geológicos del acuífero



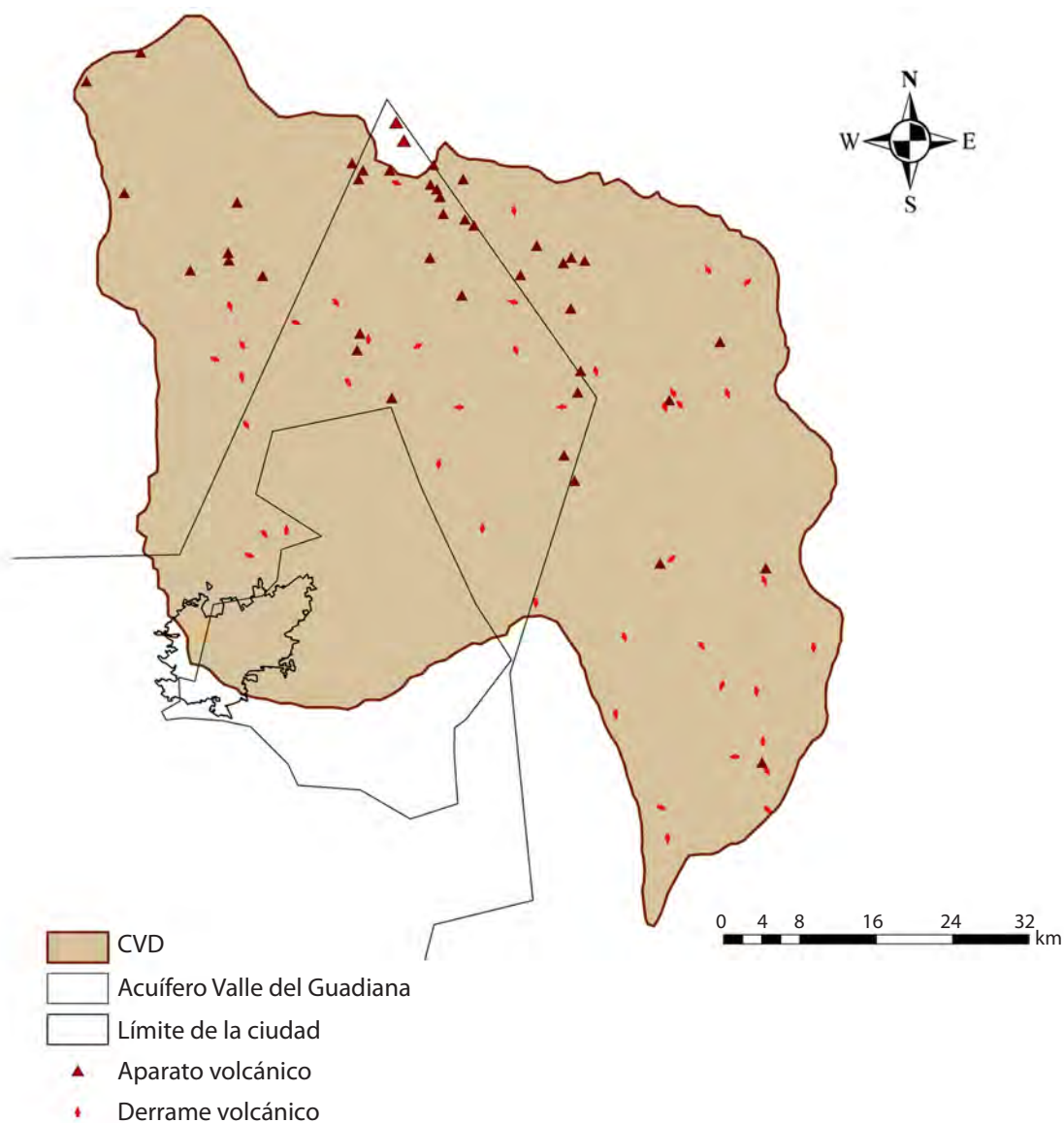
Fuente: Elaboración propia.

Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2019). Los aparatos volcánicos La Breña y El Jagüey, ubicados a 40 km al norte de la ciudad de Victoria de Durango, son los únicos volcanes reconocidos en el CVD. En rocas de estos se registran minerales como olivino, plagioclasa, piroxeno (Aranda *et al.*, 2015; Rovira *et al.*, 2019). En esa misma orientación, en los límites de la zona urbana,

se encuentra la mina principal del municipio, denominada Cerro del Mercado. En ese lugar, Peter y Barton (1999) dan cuenta de minerales como augita, barita, calcita, carbonato-hidroxiapatita, dióxido, fluorapatita, yeso, hederibergita, hentutita, magnetita, martita (hematita), mordeanita, ópalo, atapulgita, pirita, cuarzo, sepiolita, titanita, timidita y circón.

Mapa 3

### Localización del CVD en el acuífero Valle del Guadiana



Fuente: Elaboración propia.

El mapa 4 presenta los afloramientos hidrogeológicos del acuífero, obtenidos de la carta *Zonas hidrogeológicas* del INEGI (2008). Sus valores y permeabilidad se constituyen de la siguiente manera:

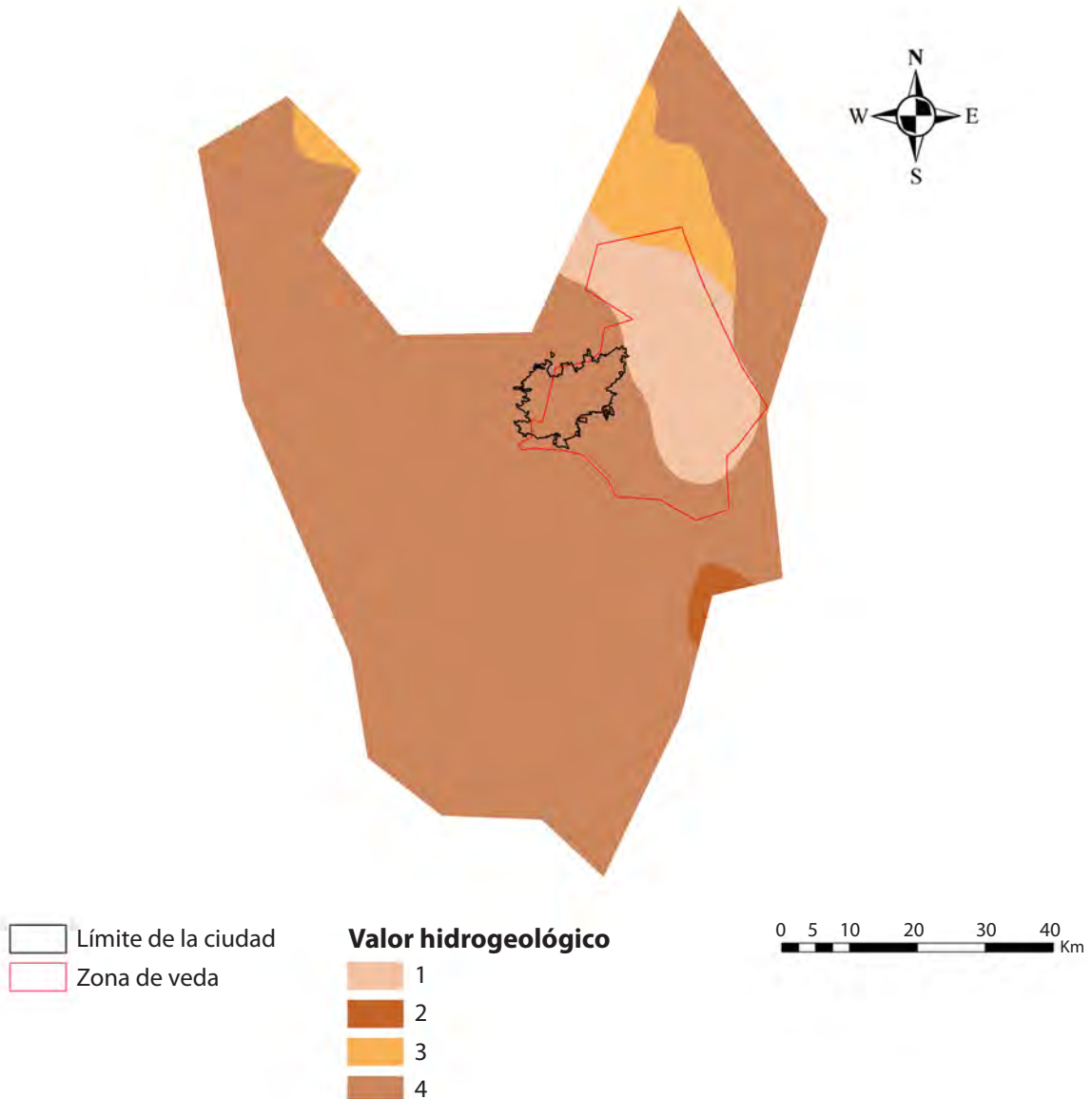
- 1: gravas, arenas y limos, media a alta.
- 2: lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados, baja a alta.

- 3: areniscas y conglomerados, media a alta.
- 4: rocas volcánicas, principalmente basálticas y andesíticas (lavas, brechas y tobas), media a alta.
- 5: rocas volcánicas (lavas, brechas y tobas), predominando riolitas, baja a media.

La *Carta geoquímica* del Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2017) registra 103 muestras de

Mapa 4

### Hidrogeología del acuífero



Fuente: Elaboración propia.



sedimentos activos de ríos y arroyos en el acuífero, en las que se aprecian concentraciones de As desde 2.17 hasta 39 mg/kg. El mapa 5 presenta su localización y el 6, los rangos de concentración de As en sedimentos, observándose que las más elevadas se ubican en el noreste, este y centro del acuífero.

## Materiales y métodos

### Obtención de información

Se utilizaron dos bases de datos principales para el análisis de la calidad del agua en el acuífero Valle del Guadiana:

1. De la CONAGUA (2017-2020):

- Incluye registros de 18 pozos monitoreados para el abastecimiento público.

- Variables fisicoquímicas: temperatura (T), conductividad eléctrica (CE), pH, As, F<sup>-</sup>, sólidos disueltos totales (SDT), bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>), cloruros (Cl), hierro (Fe), manganeso (Mn), dureza (como CaCO<sub>3</sub>), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), cadmio (Cd), Cr y plomo (Pb).

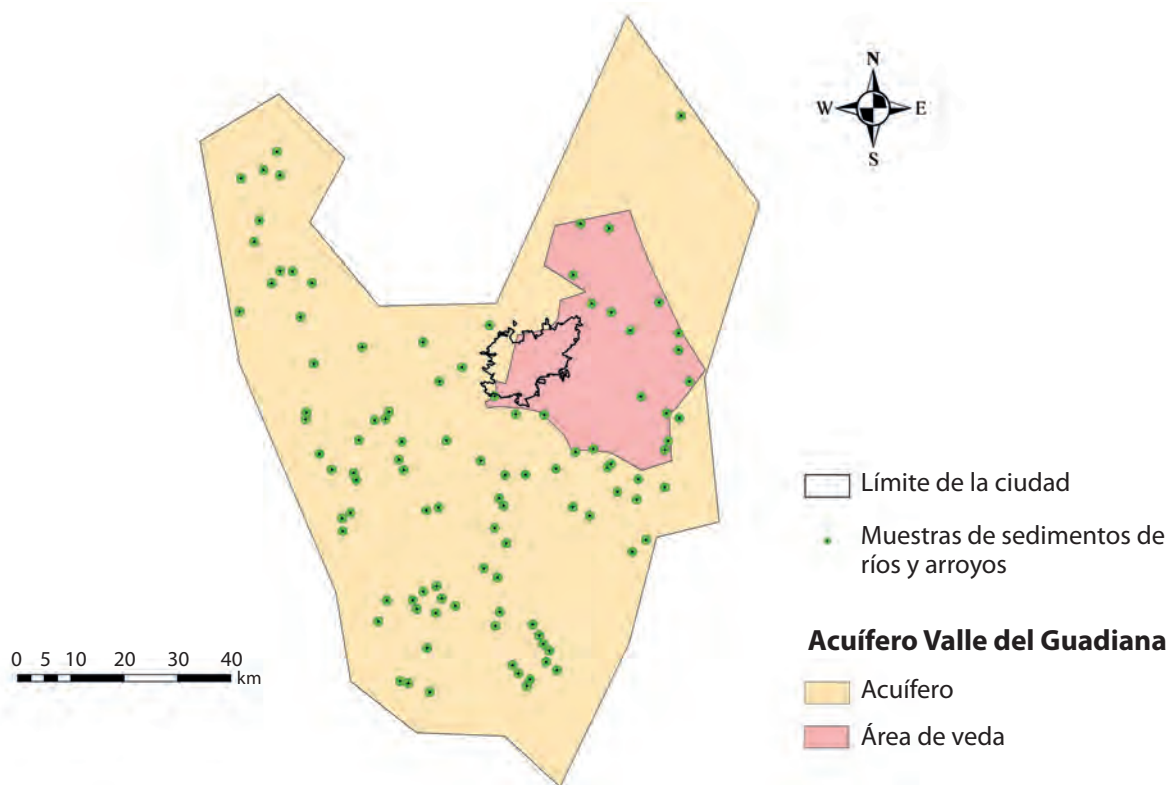
2. Del organismo descentralizado Aguas del Municipio de Durango (AMD) (2017-2020):

- Incluye datos de 99 pozos de abastecimiento público ubicados en la ciudad de Victoria de Durango.
- Variables fisicoquímicas: pH, As, F<sup>-</sup>, SDT, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Cl, Fe, Mn y dureza (como CaCO<sub>3</sub>).

Además, se utilizaron datos vectoriales de las 103 muestras de sedimentos de ríos y arroyos de la

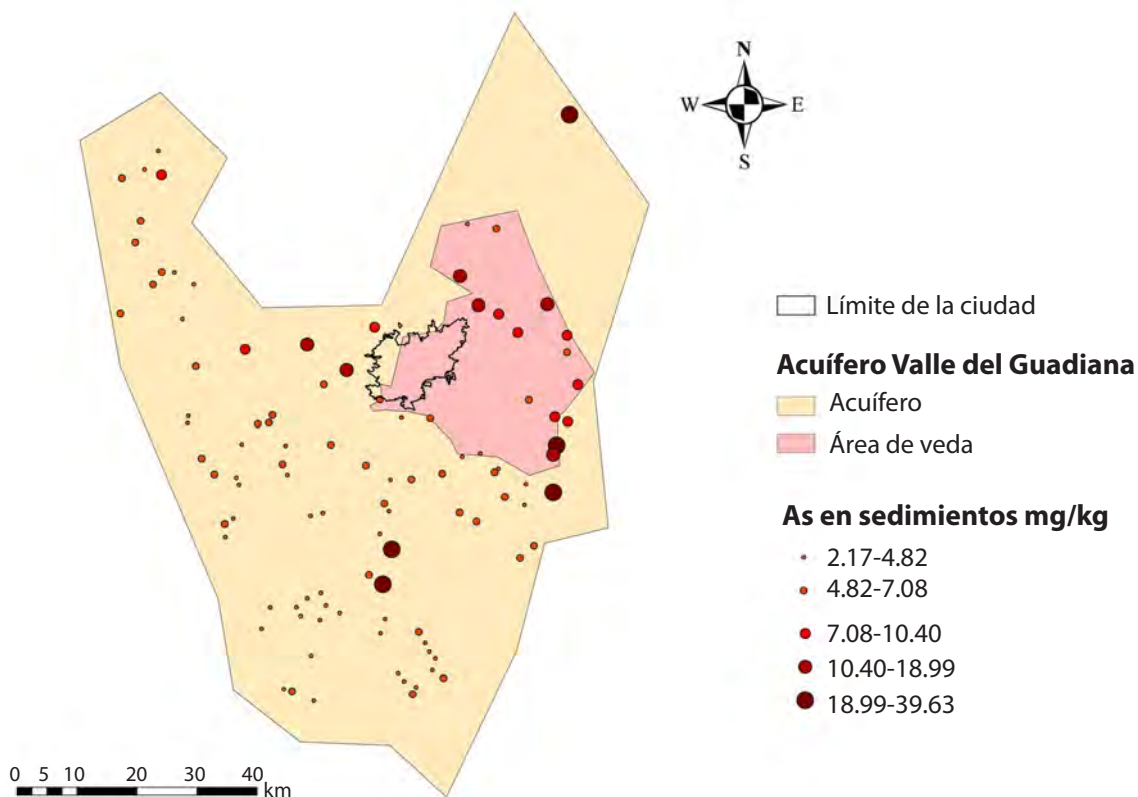
Mapa 5

### Distribución de muestras de sedimentos en ríos y arroyos



Fuente: Elaboración propia.

### Contenido de As en sedimentos de ríos y arroyos



Fuente: Elaboración propia.

Carta geoquímica del SGM para estudiar la distribución del arsénico.

El mapa 7 presenta la distribución de los pozos de abastecimiento público en el acuífero Valle del Guadiana.

### Modelación de la distribución espacial del As y F<sup>-</sup>

Para ello, se utilizaron los datos del 2020 de la CONAGUA y el AMD y se empleó el método de interpolación co-Kriging, basándose en las siguientes correlaciones:

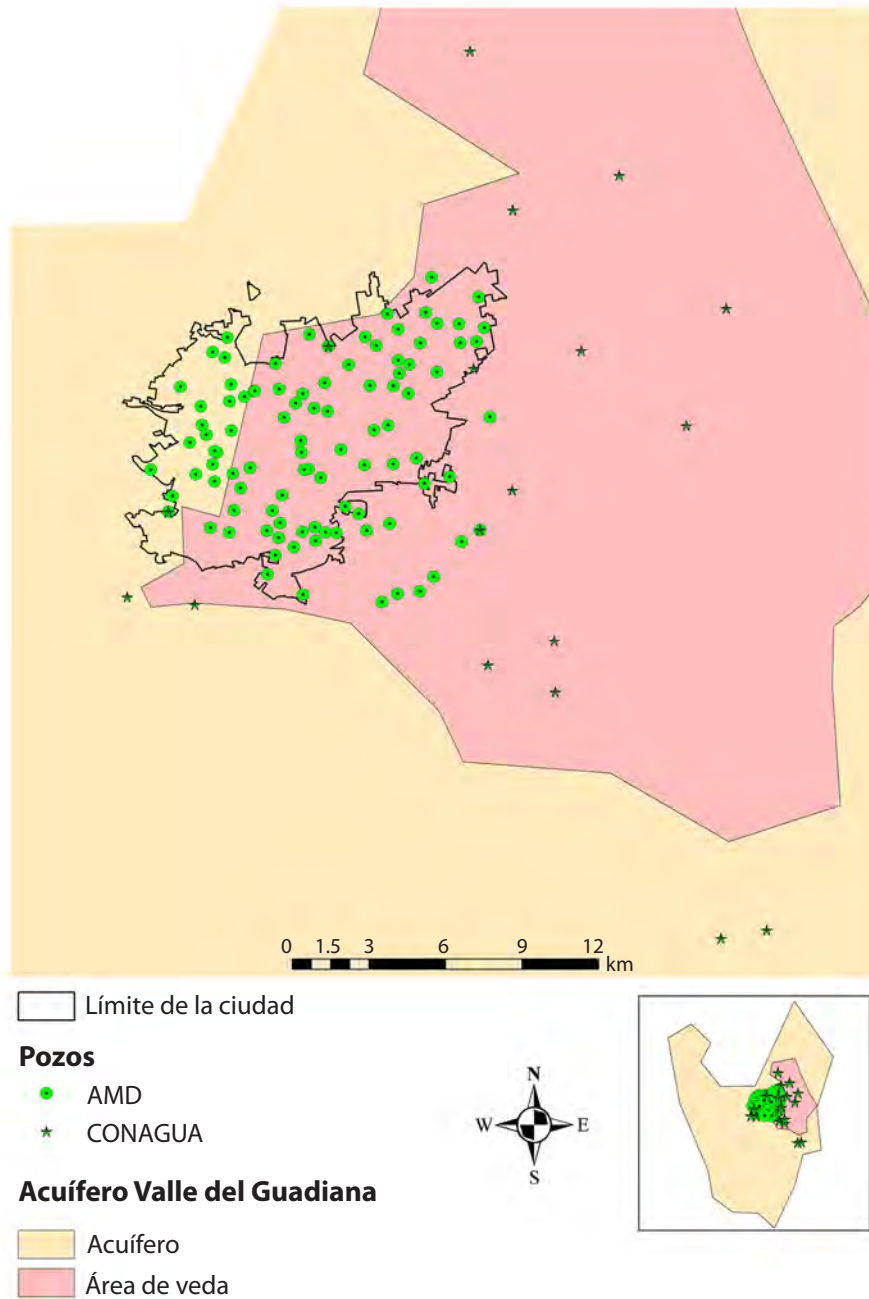
- As en agua subterránea con As en sedimentos de ríos y arroyos.
- F<sup>-</sup> con As en agua subterránea.

La representación cartográfica se realizó conforme a los límites establecidos en la NOM-127-SSA1-2017, utilizando el sistema de proyección de coordenadas WGS 1984, UTM zona 13, hemisferio norte (x, y, z). La validación de los modelos se efectuó mediante el método de entrenamiento con 10 % de los datos.

### Calidad del agua

Esta se evaluó con la caracterización de parámetros físicos, químicos y biológicos de las muestras, considerando los límites tolerables y los valores máximos según el uso del recurso (CONAGUA, 2021). En México, la Comisión Nacional del Agua, a través de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua, hizo un seguimiento a 1 292 sitios para mantos subterráneos

### Ubicación de los pozos de los organismos AMD y CONAGUA



**Fuente:** Elaboración propia.

en el 2020, tomando en cuenta 14 indicadores fisicoquímicos y microbiológicos.

La clasificación de la calidad del agua se realizó mediante un semáforo:

- Verde: concentraciones por debajo de los límites permisibles de la NOM-127-SSA-2017.
- Amarillo: incumplimiento en CaCO<sub>3</sub>, CE, SDT, Mg y Fe.
- Rojo: excesos en CF, F, NO<sub>3</sub>, As, Cd, Cr, Hg y Pb.

## Índice de la Calidad del Agua (ICA)

Este se define como la expresión numérica que proporciona el efecto de cada uno de los parámetros de calidad del agua en la de su condición general para permitir su cuantificación como *buena* o *mala* (Varol *et al.*, 2021; Van Dao, 2020).

Para conocer el impacto en la calidad del agua de las concentraciones del As y F<sup>-</sup> con otras variables, se aplicó el Índice de Calidad de las Aguas del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME-WQI, por sus siglas en inglés), con datos del periodo 2017-2020, y los parámetros pH, SDT, Cl, dureza (CaCO<sub>3</sub>), Fe, As, F<sup>-</sup>, Mn, SO<sub>4</sub> y NO<sub>3</sub>, bajo los límites permisibles para agua de consumo humano de la NOM-127-SSA-2017.

El CCME-WQI mide el alcance, la frecuencia y la amplitud de los excesos en la calidad del agua y luego combina las tres medidas en una sola puntuación. El cálculo produce de entre 0 y 100: cuanto mayor sea mejor será su condición. Los puntajes se clasifican en una de las cinco categorías que se describen a continuación (CCME, 2017):

- Excelente (valor 95-100): la calidad del agua está protegida con una virtual ausencia de deterioro; las condiciones están muy cerca de los niveles prístinos.
- Muy buena (89-94): está protegida con una ligera presencia de deterioro; las condiciones están cerca de los niveles prístinos.
- Buena (80-88): está protegida con solo un grado menor de deterioro; las condiciones rara vez se apartan de los niveles deseables.
- Regular (65-79): por lo general, está protegida, pero ocasionalmente se ve afectada; las condiciones a veces se apartan de los niveles deseables.
- Marginal (45-64): se deteriora con frecuencia; las condiciones a menudo se apartan de los niveles deseables.
- Pobre (0-44): siempre está deteriorada; generalmente, las condiciones se apartan de los niveles deseables.

Las ecuaciones para el cálculo del CCME-WQI se tomaron de ese organismo canadiense (CCME, 2017).

Se elaboró la cartografía del CCEM-WQI mediante el *modelamiento* del ICA obtenido en cada pozo.

## Análisis estadístico

Se realizaron los siguientes:

1. Regresión lineal, entre As y F<sup>-</sup> y variables piezométricas (profundidad, nivel estático y consumo) en 99 pozos de la ciudad de Victoria de Durango.
2. Correlación de Pearson entre As y F<sup>-</sup> en 117.
3. Matriz de correlaciones de Pearson para identificar correlaciones de As y F<sup>-</sup> con los iones CaCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub> y Fe en 99 pozos de la ciudad.

## Factores asociados a la presencia de los contaminantes

Se realizó una consulta bibliográfica de la presencia de As y F<sup>-</sup> en minerales, rocas y sedimentos del acuífero. También, se revisaron las correlaciones identificadas entre As y F<sup>-</sup> con los iones.

Estas metodologías proporcionaron una visión integral de la calidad del agua subterránea y la distribución de contaminantes tóxicos en el acuífero Valle del Guadiana, permitiendo identificar los factores que influyen en la presencia de esto.

## Resultados y discusión

### Modelos de la distribución espacial del As y F<sup>-</sup>

Los que se desarrollaron abarcan una superficie de 832.49 km<sup>2</sup>, cubriendo la ciudad de Victoria de Durango y la mayor parte de la zona bajo veda. Los errores medios obtenidos para los modelos de As y F<sup>-</sup> fueron de 0.0034 y 0.005, respectivamente.

En el 2020, los rangos de concentraciones de As fluctuaron entre 0.001 y 0.28 mg/l (mapa 8), mientras que las de F<sup>-</sup> oscilaron entre 0.2 y 25.73 mg/l (mapa 9), excediendo los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA1-2017, que son de 0.01 mg/l para As y 1 mg/l para F<sup>-</sup>.

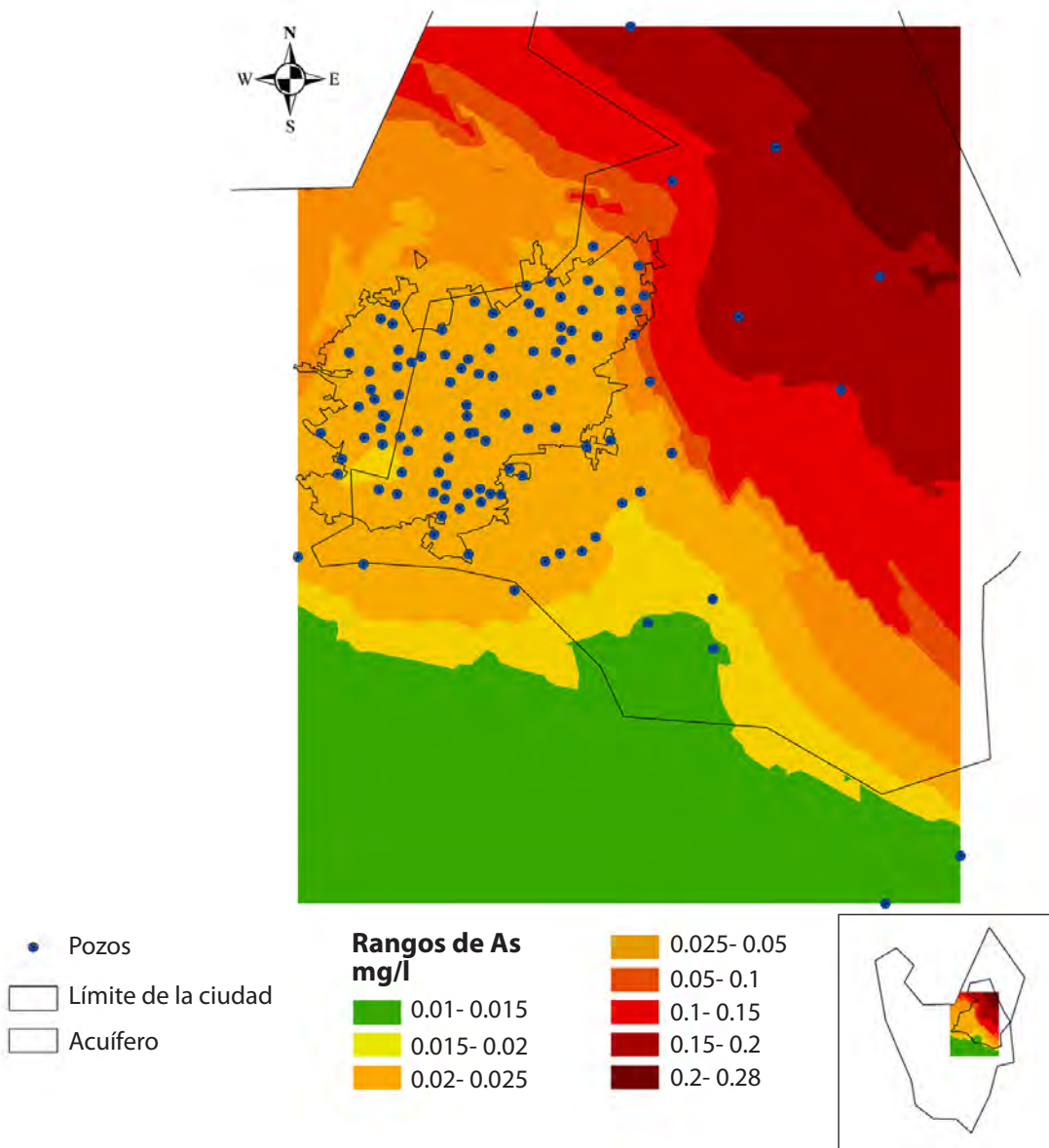
Las concentraciones más elevadas de ambos contaminantes se encontraron en localidades al noreste de la ciudad de Victoria de Durango. El

cuadro 1 muestra aquellas que presentaron las más altas de As y F<sup>-</sup>, detectadas específicamente en General Lázaro Cárdenas y Colonia Hidalgo. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que reportaron niveles similares en estas localidades (Martínez *et al.*, 2013).

En la ciudad, los niveles de As variaron entre 0.015 y 0.030 mg/l, mientras que los de F<sup>-</sup> se situaron entre 2.5 y 6 mg/l, superando también los límites normativos.

Mapa 8

### Distribución espacial del As



Fuente: Elaboración propia..

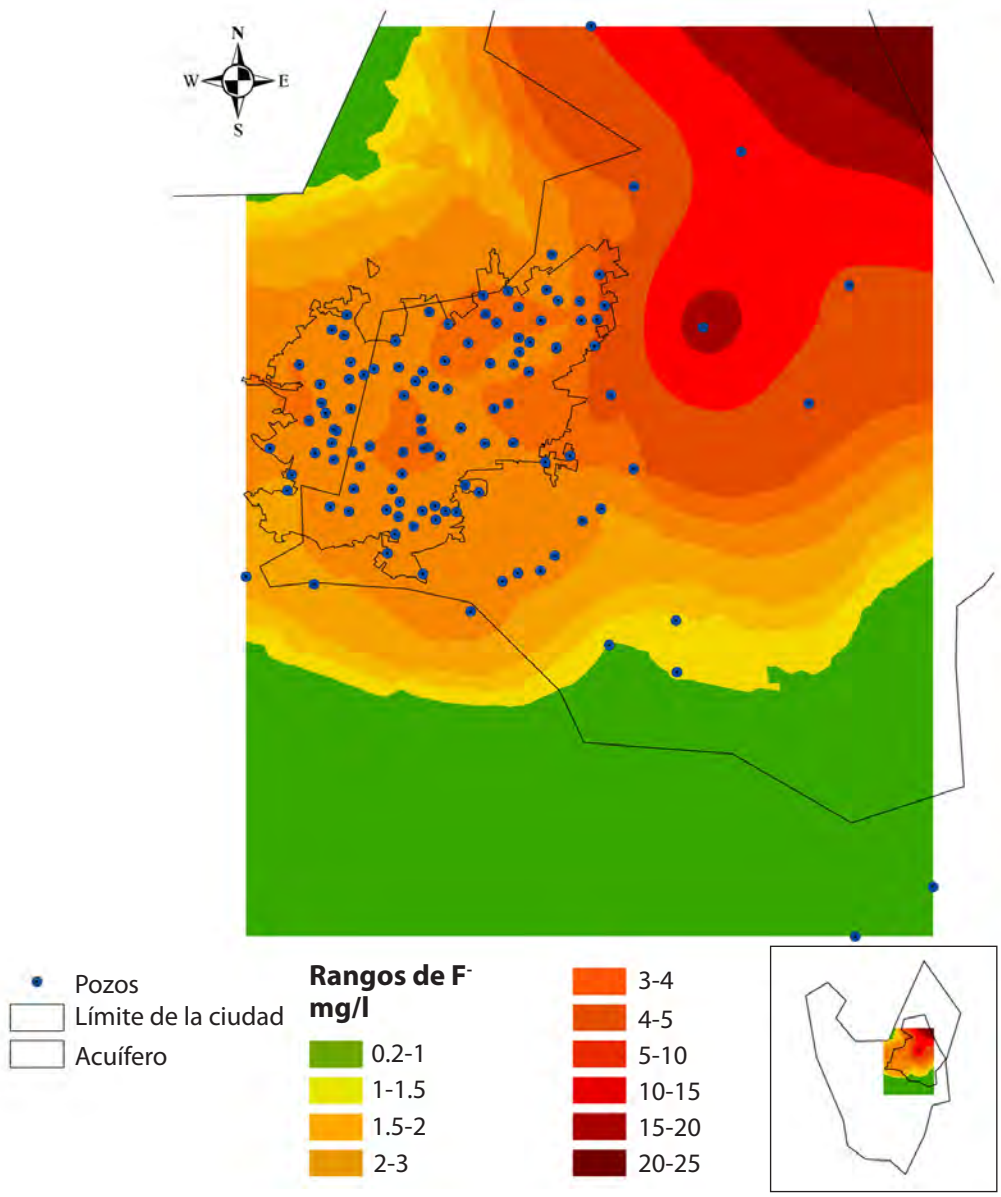
Cuadro 1

**Localidades con las concentraciones más elevadas de As y F<sup>-</sup>**

Localidad	As mg/l	F <sup>-</sup> mg/l
Colonia Hidalgo	0.202	12.00
General Lázaro Cárdenas	0.196	13.50
Navocoyán	0.284	25.73
Francisco Villa Viejo	0.128	7.23
Belisario Domínguez	0.069	5.45

Mapa 9

**Distribución espacial del F<sup>-</sup>**



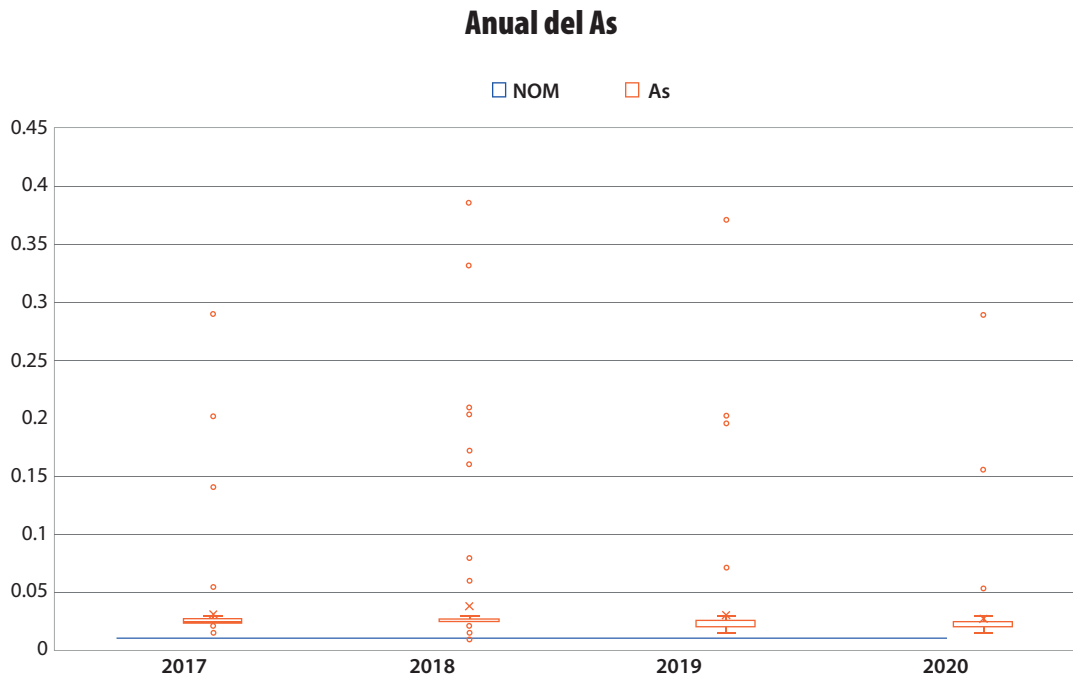
Fuente: Elaboración propia.

## Calidad del agua

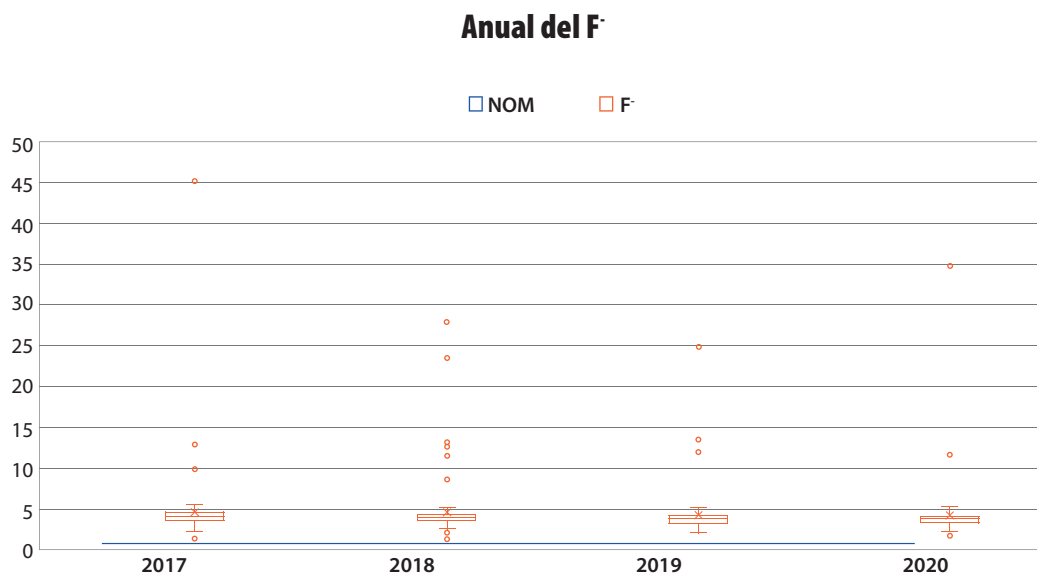
Las gráficas 1 y 2 presentan las concentraciones anuales de As y F<sup>-</sup> de los 117 pozos durante el pe-

riodo 2017-2020. Para otros parámetros (pH, Fe, Mn, SDT, Cl, dureza como CaCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub> y SO<sub>4</sub>), estas se mantuvieron dentro de los límites de la NOM-127-SSAa-2017 (Gutiérrez, 2022).

Gráfica 1



Gráfica 2



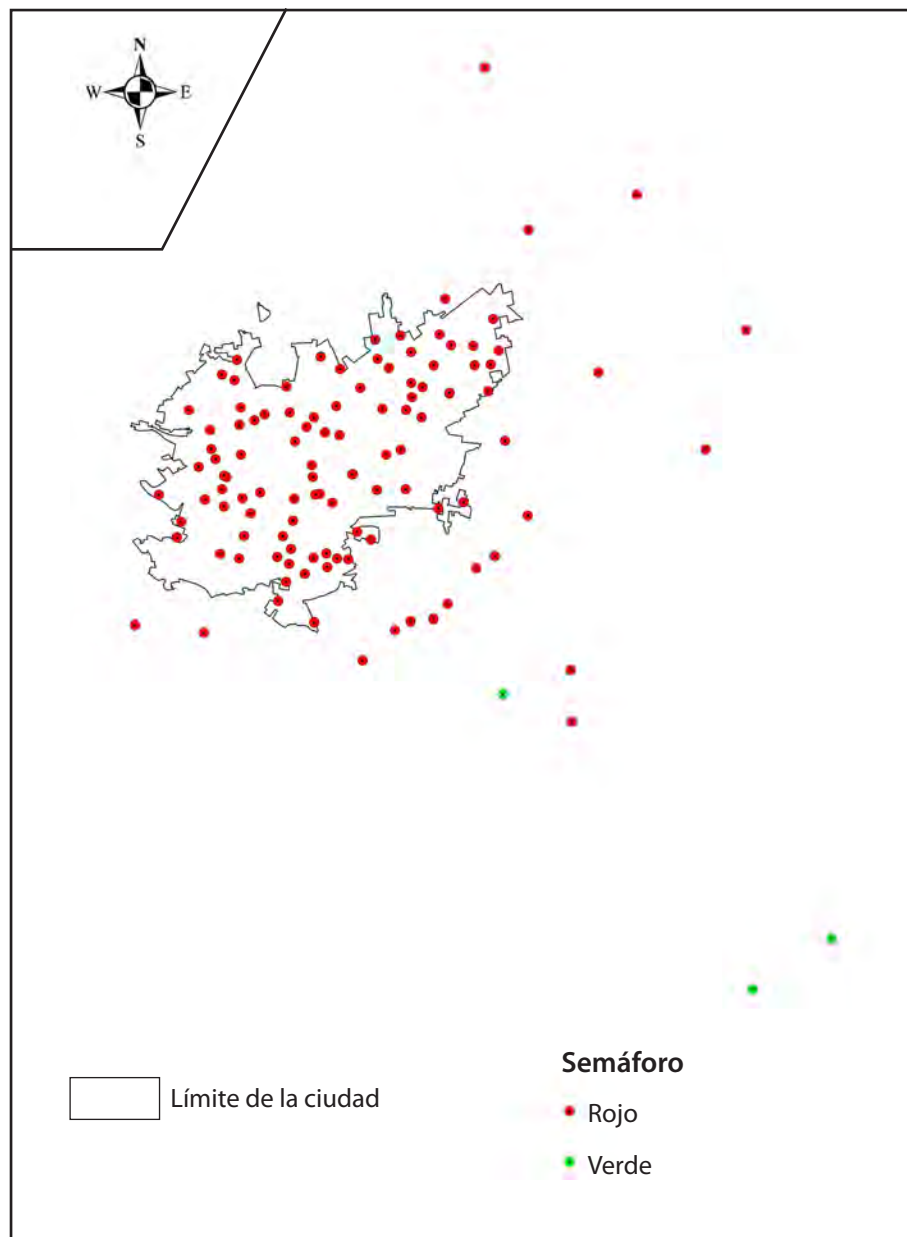
El mapa 10 muestra el semáforo de la calidad del agua, observándose que solo tres pozos de 117 se encuentran en color verde y el resto, en rojo, el cual indica que no cumplen con las recomendaciones oficiales para uso potable.

El ICA se determinó para un total de 101 pozos en el periodo 2017-2020, de los cuales, 97 son del

AMD y cuatro de la CONAGUA. Para las 10 variables, se obtuvieron 5 018 registros en los pozos del AMD y 340 en los de la CONAGUA. El mapa 11 muestra la distribución espacial del ICA, donde se observa que todos los pozos en la ciudad de Victoria de Durango se encuentran en el rango *marginal* y tres de los monitoreados por la CONAGUA, localizados al este y noreste de la urbe, presentan una calidad del agua *pobre*.

Mapa 10

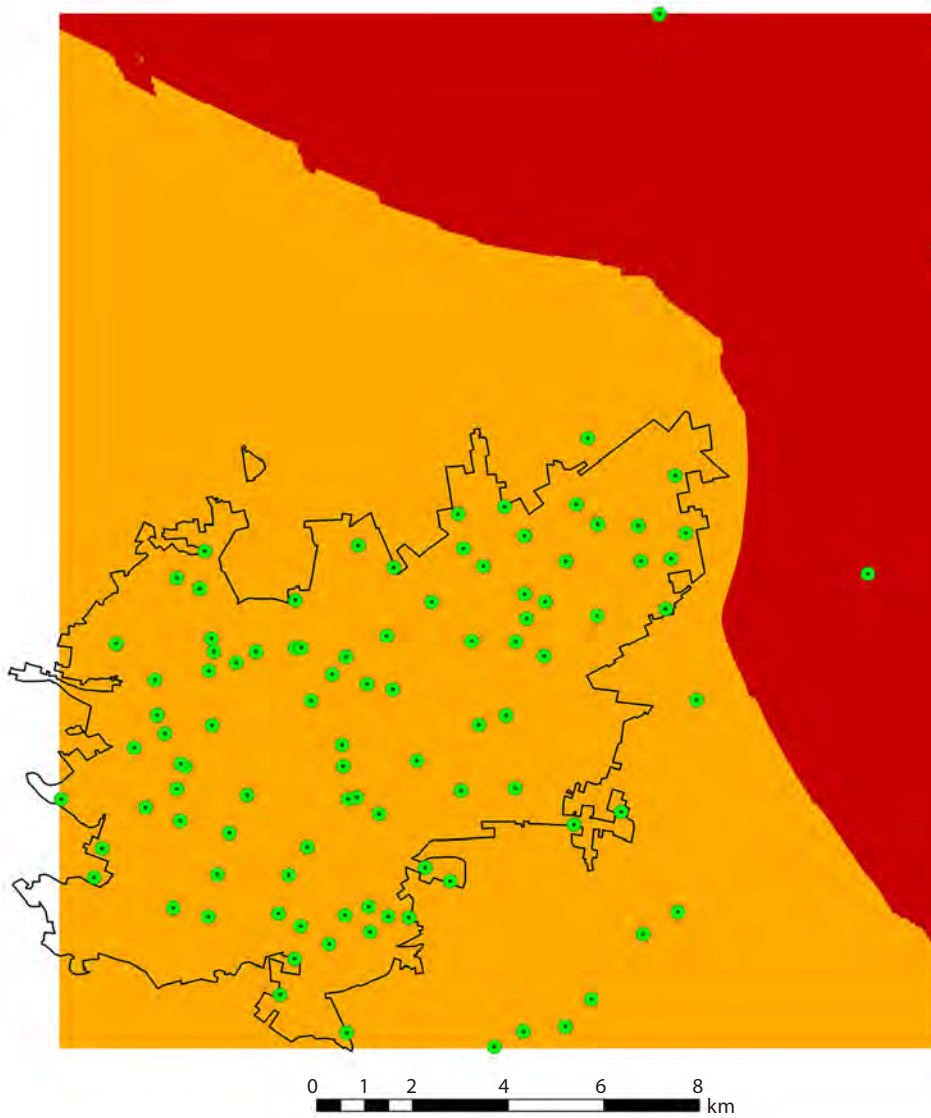
### Semáforo de la calidad del agua



Fuente: Elaboración propia.



### Distribución espacial del Índice de la Calidad del Agua



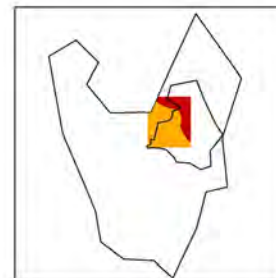
□ Límite de la ciudad

● Pozos

**CCEM-WQI**

■ Pobre

■ Marginal



Fuente: Elaboración propia.

## Factores asociados a la presencia de los contaminantes

Gutiérrez *et al.* (2021) reportan que el origen del As y F<sup>-</sup> en América Latina es, principalmente, geogénico. Estos se encuentran en zonas con características geológicas similares, como rocas volcánicas ricas en sílice y acuíferos aluviales de formación reciente.

## Geoquímica del arsénico y flúor

A continuación, se presenta una revisión bibliográfica del contenido de As y F<sup>-</sup> en minerales,

rocas y sedimentos registrados en el acuífero Valle del Guadiana. El cuadro 2 muestra el contenido de As y F<sup>-</sup> en minerales; el 3 y 4, en rocas; y el 5, el de F<sup>-</sup> en sedimentos de ríos y arroyos. Los rangos de As en estos últimos que se registran en el acuífero oscilan entre 2.17 y 39.68 mg/kg (SGM, 2017).

## Análisis estadístico

La regresión lineal no mostró una correlación significativa entre As y F<sup>-</sup> con variables piezométricas de profundidad, nivel estático del agua y consumo

Cuadro 2

### Contenido de As y F<sup>-</sup> en minerales

Mineral	As (mg/kg)	Referencia	Mineral	F <sup>-</sup> (mg/kg)	Referencia
Olivino	0.075-0.17	Baur & Onishi (1969)	Olivino	0.045	Allmann & Koritnig (1969)
Piroxeno	0.2-0.8		Piroxeno	0.01- 0.034	
Quarzo	0.4-1.3		Plagioclasas	0.069- 0.089	
Plagioclasas	0.8-2.1				
Biotita	1.4				
Magnetita	2.7-41				

Cuadro 3

### Contenido de As en rocas basálticas y riolíticas

Rocas	As (mg/kg)	Lugar	Referencia
Basálticas	0.6-1.6	Texas, EE. UU.	Baur & Onishi (1969)
	0.1-6.0	California, Connecticut, Hawái, Idaho, Nuevo México y Oregón, EE. UU.	
	0.18-113	Bangladesh	
Riolíticas	0.7-7.5	EE. UU.	Baur & Onishi (1969)
	2.3-504	Chihuahua, México	Reyes <i>et al.</i> (2013)
	0.7-2 100	Gómez Palacio, Durango, México	Ríos (1983)

Cuadro 4

**Contenido de F<sup>-</sup> en rocas basálticas y riolíticas**

Rocas	F <sup>-</sup> (mg/kg)	Lugar	Referencia
Basálticas	320-340	Hawái, EE. UU.	Allmann y Koritnig (1969)
	180	Islandia	
	280	Japón	
	730	Alemania	
	540	EE. UU.	
	20-1 060, media de 360	EE. UU.	Hayes <i>et al.</i> (2017)
Riolíticas	260-1 080		Allmann y Koritnig (1969)

Cuadro 5

**Contenido de F<sup>-</sup> en sedimentos**

Sedimentos	F <sup>-</sup> (mg/kg)	Lugar	Referencia
Areniscas	270-290		Allmann y Koritnig (1969)
Calizas	98-940		
Dolomitas	180-390		
Areniscas	10-880, media de 180		Hayes <i>et al.</i> (2017)
Calizas	Por debajo del límite de detección del método hasta 1 210, media de 220		
Cuencas sedimentarias	1.0-7.8	China	Panda <i>et al.</i> (2019)
	0-5.7	Argentina	
	0.01-22.0	Canadá	
	0.05-5.9	EE. UU.	
	0.01-8.9	Alemania	
	1.5-15	Senegal	

de agua ( $R^2 = 0.076$  y  $0.043$ , respectivamente). González (2007) tampoco encontró relación entre los niveles estáticos del agua y As y F<sup>-</sup> en pozos del municipio de Durango.

Se observó una alta correlación entre As y F<sup>-</sup> en 117 pozos ( $r = 0.84$ ,  $p = 0.000$ ), la cual indica una dependencia hidrogeoquímica en su liberación. Esta correlación es consistente con estudios previos, los cuales sugieren que la disolución de minerales de origen volcánico es la principal fuente de estos contaminantes en el agua subterránea (Reyes *et al.*, 2013; Machado *et al.*, 2020; Navarro *et al.*, 2017; Ortega, 2009).

El cuadro 6 presenta las correlaciones de Pearson de As y F<sup>-</sup> con las variables de dureza (CaCO<sub>3</sub>), SO<sub>4</sub>, Cl, Fe y As en 99 pozos de la ciudad.

Cuadro 6

**Correlaciones en 99 pozos**

	CaCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Fe	As
As	-0.489	0.267	-0.517	0.563	
<i>p</i>	<b>0.000</b>	<b>0.004</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	
F <sup>-</sup>	-0.437	0.297	-0.405	0.655	0.935
<i>p</i>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>

Se encontró que tanto el As como el F<sup>-</sup> mantenían correlaciones significativas con el CaCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub> y Fe, las cuales revelan información importante sobre el origen y las condiciones hidrogeoquímicas del acuífero; Márquez *et al.* (2011) respaldan la conexión del As con el pH, Cl, SO<sub>4</sub> y CaCO<sub>3</sub>, indicando que las altas concentraciones de estos aniones en el agua subterránea pueden estar relacionadas con procesos geogénicos. Además, se observaron correlaciones significativas con el Fe, lo cual también ha sido documentado por Gupta y Singh (2018).

Estas correlaciones sugieren que el arsénico y fluoruro están influenciados por factores geogénicos que se deben a la presencia de elementos naturales en rocas, sedimentos, suelos y subsuelo, los cuales se disuelven en el agua superficial y subterránea a través de diversos procesos climatológicos, geológicos e incluso biológicos. El origen geogénico se clasifica en primario y secundario. El primero se refiere a la disolución de la roca original, mientras que el segundo implica que el contaminante es retenido en minerales secundarios, los cuales se forman a partir de la meteorización de la roca original (Gutiérrez *et al.*, 2021).

## Conclusiones

El estudio de seguimiento de la presencia de concentraciones elevadas de As y F<sup>-</sup> en el agua subterránea del acuífero Valle del Guadiana, las cuales superan los límites permisibles de la normativa mexicana. La distribución espacial de estos contaminantes revela áreas de alto riesgo, particularmente al noreste de la ciudad, en localidades como General Lázaro Cárdenas y Colonia Hidalgo. Las correlaciones estadísticas indican que el origen es geogénico debido a la interacción del agua subterránea con rocas ígneas y la disolución de minerales.

La calidad del agua en Durango es una preocupación significativa, ya que todos los pozos de abastecimiento público monitoreados exceden

los límites permisibles para As y F<sup>-</sup>, lo que representa un riesgo para la salud pública.

Es esencial implementar medidas de mitigación para mejorar la calidad del agua y, por ende, proteger a la población. Además, es crucial continuar observando la condición del vital líquido y la distribución espacial de los contaminantes para evaluar la efectividad de las acciones que se tomen para paliar esta problemática.

## Fuentes

- Alarcón H., M. T., I. Flores M., P. Romero N., I. R. Martín D. y R. Trejo V. "Contenido de arsénico en el agua potable del Valle del Guadiana, México", en: *Ingeniería Hidráulica en México*. 15 (4), 2001, pp. 63-70.
- Alarcón H., M. T., D. A. Martín A., M. Gutiérrez, L. Reynoso C., A. Martín D., M. A. Olmo M. y J. Bundschuh. "Co-occurrence, possible origin, and health-risk assessment of arsenic and fluoride in drinking water sources in Mexico: Geographical data visualization", en: *Science of the Total Environment*. Núm. 698, 2020, p. 8.
- Aranda G., J. J., D. Henry C., L. Ferrari, W. McDowell F. y M. Valencia M. "La evolución volcánotectónica del noroeste de México durante el cenozoico: una sección a lo largo de la autopista MEX 40D a través del campo volcánico de la Sierra Madre Occidental y datos acerca del magmatismo asociado a la extensión en la parte meridional de las provincias tectónicas de Cuencas y Sierras y del Golfo de California", en: *Guía de Excursiones Geológicas de México*. Universidad Autónoma de México y Centro de Geociencias. Núm. 1, edición especial bilingüe, 2015, 82 pp.
- Allmann R. & S. Koritnig. "Fluorine", en: *Handbook of Geochemistry*. Berlin, Springer-Verlag, 1969, pp. 9-D-1-9-D-7.
- Barrientos M., O. A. *Evaluación del impacto de la PTAR Oriente sobre el humedal del Málaga*. Tesis de licenciatura de Ingeniería Química. Instituto Tecnológico de Durango y Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango, 2017, 87 pp.
- Baur, W. H. & H. Onishi B. M. "Arsenic", en: *Handbook of Geochemistry*. Berlin, Springer-Verlag, 1969, pp. 33-A-1-33-0-5.
- Borrok D., M., R. M. Lenz, J. E. Jennings, M. L. Gentry, J. Steensma & D. S. Vinson. "The origins of high concentrations of iron, sodium, bicarbonate, and arsenic in the Lower Mississippi River Alluvial Aquifer", en: *Applied Geochemistry*. 98, 2018, pp. 383-392 (DE) doi:10.1016/j.apgeochem.2018.10.01410.1016/j.apgeochem.2018.10.014.
- Bowell R., J., Ch. N. Alpers, H. E. Jamieson & D. K. Nordstrom. "The environmental geochemistry of arsenic – an overview", en: *Reviews in Mineralogy & Geochemistry. Mineralogical Society of America*. 79, 2014, pp. 1-16.

- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). *Campo volcánico Durango. Datos abiertos*. Gobierno de México, CENAPRED, 2019.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). "Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos del acuífero 1003 Valle del Guadiana, en el Estado de Durango", en: *Diario Oficial de la Federación*. México, Secretaría de Gobernación, 7 de julio de 2010.
- \_\_\_\_\_. "Acuerdo General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento en las porciones no vedadas, no reglamentadas o no sujetas a reserva de los 12 acuíferos que se indican", en: *Diario Oficial de la Federación*. México, Secretaría de Gobernación, 5 de abril de 2013.
- \_\_\_\_\_. *Consulta a la base de datos del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA): aprovechamientos subterráneos*. México, CONAGUA, 2020. (DE) <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>.
- \_\_\_\_\_. *Calidad del agua en México*. Gobierno de México, CONAGUA, 2021.
- Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME). "CCME water quality index user's manual 2017 update", en: *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. 2017, 23 pp.
- Chávez S., M. J. *Evaluación del riesgo por la presencia de contaminantes en agua destinada al uso y consumo humano del acuífero del Valle del Guadiana*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Regional, Unidad Durango, 2010, 110 pp.
- González N., C. C. *Cambio de la concentración de arsénico y flúor, en el acuífero Valle del Guadiana y su relación con el nivel estático*. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Durango, 2007, 115 pp.
- Gupta, A. & E. J. Singh. "Arsenic-iron relationships in aquifers of northeast India: Implications for public health and the environment", en: *Environmental Management*. 2018 (DE). doi:10.1007/s00267-018-0999-4.
- Gutiérrez, M., V. M. S Espino, H. M. T. Alarcón, M. A Pinales. y H. H. Silva. "Arsénico y flúor en agua subterránea de Chihuahua: origen, enriquecimiento y tratamientos posibles", en: *Tecnociencia Chihuahua, Revista de Ciencia y Tecnología*. 15 (2), Universidad Autónoma de Chihuahua, 2021, pp. 95-108.
- Gutiérrez R., E. A. *Análisis de la distribución espacial de contaminantes tóxicos inorgánicos en el acuífero Valle del Guadiana*. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Durango, División de Estudios de Posgrado e Investigación, 2022, 150 pp.
- Hayes T., S., M. M. Miller, G. J. Orris & N. M. Piatak. "Fluorine", en: *Chapter G of Critical Mineral Resources of the United States—Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply*. United States Geological Survey, 2017.
- INEGI. *Conjunto de datos vectoriales. Aguas subterráneas. Zona hidrogeológica escala 1:250 000*. México, INEGI, 2008.
- \_\_\_\_\_. *Censo de Población y Vivienda 2020*. México, INEGI, 2020.
- \_\_\_\_\_. *Conjunto de datos vectoriales geológicos serie I Durango*. México, INEGI, 1998.
- Machado, I., L. Falchi, V. Bühl & N. Mañay. "Arsenic levels in groundwater and its correlation with relevant inorganic parameters in Uruguay: A medical geology perspective", en: *Science of The Total Environment*. 2020 (DE) doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.13778710.1016/j.scitotenv.2020.137787.
- Márquez, E. B., P. L. Gurian, A. Barud Z. & P. C. Goodell. "Correlates of arsenic mobilization into the groundwater in El Paso, Texas", en: *Air, Soil and Water Research*. 4, 2011, pp. 4-11 (DE) doi: 10.4137/ASWR.56356.
- Martínez C., D. A., M. T. Alarcón H., L. Reynoso C. y L. A. Torres C. Variación espacio-temporal de arsénico y flúor en el agua subterránea de la ciudad de Durango, México, en: *Tecnologías y Ciencias del Agua*. Centro de Investigación de Materiales Avanzados (CIMA), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2020, 23 pp.
- Martínez P., M. A., M. E. Pérez L., I. Villanueva F. y C. C. González N. "Behavior of arsenic and fluoride concentration in Guadiana Valley Aquifer of Durango, Mexico", en: *Journal of Environmental Protection*. 4, 2013, pp. 14-20.
- Navarro, O., J. González, H. E. Júnez-Ferreira, C.-F. Bautista & A. Cardona. "Correlation of arsenic and fluoride in the groundwater for human consumption in a semiarid region of Mexico", en: *XVIII International Conference on Water Distribution Systems Analysis*. 2016.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). *Guías para la calidad del agua potable*. Ginebra, Suiza. 3, 2008, 394 pp.
- Ortega G., M. A. "Presencia, distribución, hidrogeoquímica y origen de arsénico, fluoruro y otros elementos traza disueltos en agua subterránea, a escala de cuenca hidrológica tributaria de Lerma-Chapala, México", en: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 26, 2009, pp. 143-161.
- Panda, B., R. V. Dhanu, S. Chidambaram, M. Arindam, R. Thilagavathi, S. Manikandan & N. Ganesh. "Fluoride contamination in groundwater; a GIS and geostatistics reappraisal", en: *GIS and Geostatistical Techniques for Groundwater Science*. 2019, pp 309-322.
- Peter K. M. Megaw & Mark D. Barton. "The Geology & minerals of Cerro de Mercado, Durango, México", en: *Rocks & Minerals*. 74:1, 1999, pp. 20-28 (DE) doi: 10.1080/00357529909602510.
- Reyes G. V. M., M. T. Alarcón H., M. Gutiérrez, D. Núñez L. "Fluoride and arsenic in an alluvial aquifer system in Chihuahua, Mexico: contaminant levels, potential sources, and co-occurrence", en: *Water Air Soil Pollut*. 224(2), 2013.
- Reyes C. Y., I. Vergara, E. O. Torres, M. Días y E. E. González. "Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria", en: *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*. 16(2), 2016, pp. 66-77.

- Ríos, G. R. 1988. *Mineralogía y geoquímica del arsénico al noreste de Gómez Palacio, Durango*. Tesis de Maestría. México, D. F., Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 1983, 59 pp.
- Rovira M., J. J., J. M. González J., F. Gervilla L., V. Colás G., M. G. Dávalos E. & J. Aranda. "Petrogénesis de enclaves ultramáficos del manto subcontinental del volcán La Breña (campo volcánico de Durango, México)", en: *Sociedad Española de Mineralogía*. 24, 2019.
- Secretaría de Salud *et al.* "Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-127-SSA1-2017, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua", en: *Diario Oficial de la Federación*. México, Secretaría de Gobernación, 6 de diciembre de 2019.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM). *Carta geoquímica de la República Mexicana escala 1:250 000*. México, SGM. Datos abiertos. Gobierno de México, 2017.
- Van Dao, U. Wilhelm & B. H. Subhendu. "Introducing the modification of Canadian Water Quality Index", en: *Groundwater for Sustainable Development*. 11, 6, 2020.
- Varol, S., Şener & E. Şener. "Assessment of groundwater quality and human health risk related to arsenic using index methods and GIS: A case of Şuhut Plain (Afyonkarahisar/Turkey)", en: *Environmental Research*. 202, 2021.

# Propuestas para la medición **de infraestructura digital** *en México*

## Proposals for Measuring Digital **Infrastructure in Mexico**

Clara Luz Álvarez\*



La infraestructura digital (ID) es esencial para aquellas que son estratégicas y críticas, por lo que su medición se convierte en imperativo. Este artículo busca dar una primera aproximación a propuestas para ello, en el ámbito de las telecomunicaciones en el país, como instrumento para las políticas públicas y de inversión. Se presenta,

Digital infrastructure (DI) is essential for those that are strategic and critical, so its measurement becomes imperative. This article seeks to provide a first approach to proposals for it, in the field of telecommunications in the country, as an instrument for public and investment policies. First, it presents what would comprise the ID,

\* Universidad Panamericana, calvarezg@up.edu.mx.

primero, lo que comprendería la ID, lo relacionado con su propiedad pública, privada o social, de entes locales, nacionales o globales; y con diferentes niveles de sofisticación. Enseguida, se hace referencia a los repositorios que contienen información sobre esta tecnología en México, los aspectos de medición a considerar en cuanto a inventario físico o con base en inversión y, para finalizar, a las conclusiones y propuestas.

**Palabras clave:** infraestructura digital; medición; telecomunicaciones; espectro radioeléctrico.

**Recibido:** 29 de febrero de 2024.

**Aceptado:** 1 de julio de 2024.

## Introducción

La infraestructura digital (ID) —que comprende las redes y los sistemas de telecomunicaciones— es esencial para un sinnúmero de otras de carácter estratégicas y críticas sin las cuales sería impensable el funcionamiento de la sociedad, política y economía de un país (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE, 2021). Además, el establecimiento de políticas públicas encaminadas a la equidad y justicia precisan, necesariamente, de conocer qué tipo de infraestructura existe (Lardé *et al.*, 2014).

Para el caso de la ID, la eliminación de la brecha digital requiere tener conocimiento de qué tipo de infraestructura de telecomunicaciones existe, dónde está desplegada, cuál es su capacidad y vida útil, así como quiénes son propietarios de esta. De ahí que poder medirla y ampliar la valoración al resto de la digital se convierta en un imperativo.

Sin menospreciar la dificultad que representa la medición de cualquier tipo de infraestructura, el caso de la digital tiene múltiples retos adicionales, de entre los cuales se encuentran la rápida evolución tecnológica y el surgimiento de nuevos componentes de lo que debe estimarse como ID. El artículo tiene como objetivo dar una primera aproximación a propuestas para su valoración en el ámbito de las telecomunicaciones en México como instrumento para las políticas públicas y de inversión que delinee aspectos para futuras investigaciones y acciones.

related to its public, private or social ownership, of local, national or global entities, and with different levels of sophistication. Next, reference is made to the repositories containing information on this technology in Mexico, the measurement aspects to be considered in terms of physical inventory or based on investment and, finally, the conclusions and proposals.

**Key words:** digital infrastructure; measuring; telecommunications; radio spectrum.

## 1. Infraestructura digital

El término infraestructura es un concepto que tradicionalmente evocaba a algo físico, palpable con los sentidos, sin embargo, hoy en día, este debe comprender también inversiones realizadas en *software*, que en algunos casos no será posible distinguir de las destinadas a estructuras físicas (van de Ven, 2021).

Debe señalarse que la ID es un concepto que engloba diferentes componentes de lo que forma el ecosistema del mundo digital, incluyendo las redes de telecomunicaciones (RT), los puntos de intercambio de internet (*Internet Exchange Points* o IXP), centros de datos y redes de distribución de contenidos (*Content Distribution Networks* o CDN). Enseguida, se expondrán brevemente estos componentes, así como a quién pertenece la infraestructura en México.

### 1.1. Redes de telecomunicaciones

Existen diferentes tipos de estas según la clase de servicio que presten (p. ej. telefonía, acceso a internet, televisión), de si hay o no movilidad (servicio fijo versus móvil) y si son terrestres o satelitales.<sup>1</sup> Las RT están interrelacionadas, y una comunicación puede utilizar infraestructura de varios tipos de redes para prestar servicios de punta a punta.

<sup>1</sup> Para más información sobre los servicios y medios de transmisión de redes de telecomunicaciones, véase Álvarez, 2013 y para los sistemas satelitales, Álvarez, 2023.



Adicionalmente, las RT tienen tecnología tanto de vanguardia como anterior o legada (*legacy*). La medición de infraestructura deberá considerar esto, pues la *legacy* puede ser más costosa de mantener que la de vanguardia, por ejemplo.

Las redes de telecomunicaciones se están virtualizando, es decir, se ha incrementado el uso de *software* con el cual se sustituyen las funcionalidades que antes se prestaban por *hardware* (*Network Function Virtualization* o NFV)<sup>2</sup> y, a través de *software*, se puede programar y gestionar la red de manera centralizada (*Software Defined Network* o SDN)<sup>3</sup> (Gijrath, 2021; Madi *et al.*, 2021).

La virtualización de las redes para efectos de medición de infraestructura hace que deba considerarse un incremento sustancial en las inversiones en *software* y sus actualizaciones.

## 1.2. IXP, centros de datos y CDN

La ID va más allá de lo que tradicionalmente se consideraban las redes de telecomunicaciones, para abarcar también los IXP, centros de datos y redes de distribución de contenidos.

### IXP

La existencia de múltiples propietarios de RT, la necesidad de que las redes estén interconectadas y de que se haga un uso más eficiente de estas ha conducido a la creación de puntos de intercambio de internet. Estos también pueden considerarse componentes a incluir como infraestructura digital en las mediciones.

<sup>2</sup> La NFV reemplaza el *hardware* que anteriormente prestaba ciertas funciones de la red con *software* (máquinas virtuales), de tal suerte que, en lugar de utilizar diferentes tipos de *hardware* para distintas funcionalidades, ahora ocupa *hardware* estándar donde se instalan las máquinas virtuales que dan origen a la NFV, las cuales pueden funcionar sin SDN.

<sup>3</sup> El SDN separa las funciones de control de la red (p. ej. rutear o conducir o dirigir el tráfico) con las funciones de envío (de tráfico) con la finalidad de que se pueda programar y gestionar la red de manera centralizada. Las SDN pueden funcionar tanto con redes físicas como con las NFV.

### Centros de datos

La era digital está ligada a estos, y la OCDE propuso que se incluyan en la definición de la ID (van de Ven, 2021). Son instalaciones físicas que cuentan con los *hardware* y *software* necesarios tanto para almacenar y procesar datos como para el uso de aplicaciones (p. ej. *Enterprise Resource Management* o ERP) (CISCO, 2024).

Los centros de datos pueden ser de una empresa para su propia operación o bien, lugares que prestan servicios a terceros mediante esquemas diversos.<sup>4</sup> Con la creciente necesidad de aprovechar los datos masivos (*Big Data*) y con el uso de inteligencia artificial para distintas actividades, la medición de la ID debiera considerarlos.

Al existir diferentes tamaños de estos, la medición pudiera ser en relación con los centros de datos de grandes dimensiones por ser los que pueden proveer servicios a múltiples partes.

### CDN

Estas han surgido ante el incremento del tráfico en las redes y buscan que los contenidos estén más cerca de las personas usuarias. Perfeccionan la latencia (disminución del tiempo de acceso a datos), reducen la congestión de las redes y mejoran la experiencia de quienes las utilizan (IBM, 2024).

Las CDN son como almacenes de contenidos que los acercan. Válgase la siguiente analogía: en una ciudad, los productos están en la central de abastos y las tiendas de barrio son las CDN, que permiten que las personas vayan ahí con el fin de adquirirlos en lugar de tener que desplazarse de ida y vuelta al centro distribuidor para comprar lo que van a consumir.

Es debatible si se deben incluir o no las CDN en las mediciones de ID, pero no se pueden descartar de la

<sup>4</sup> Los modelos de negocios en relación con los servicios ofertados por los centros de datos han evolucionado y pueden proporcionar el alojamiento, el procesamiento y la utilización de las aplicaciones de una empresa, ya sea en sitio o a través de la nube.

valoración *a priori*. De ahí que prefiera dejar mencionada su existencia para una reflexión futura.

### 1.3. De quién es la infraestructura digital

La ID es propiedad de los sectores público, privado o social. Dentro de ellos existen de gran tamaño con presencia mundial, algunos nacionales y otros de redes locales y pequeñas. Lo anterior hace que hablar de propietarios de infraestructura digital comprenda personas y entidades con diferentes niveles de sofisticación. Esto debe estar presente al decidir sobre la información que se recabará de estos. No es lo mismo solicitar datos pormenorizados a una empresa de RT o centros de datos a escala global que a una red de telecomunicaciones comunitaria en la sierra de Oaxaca.

La distribución geográfica de la ID para efectos de medición es de la mayor relevancia. En países como México, con una desigual distribución de la riqueza y disponibilidad de infraestructura (García-Mora y Mora-Rivera, 2023), las mediciones macro de la infraestructura digital ocultarán las disparidades y restarán utilidad para el diseño e implementación de políticas públicas que contribuyan a reducir las brechas de acceso a la ID y al pleno ejercicio de derechos humanos. De ahí que sea indispensable vincular su valoración con la ubicación física.

## 2. ¿Qué información existe en México hoy y dónde?

Se encuentra dispersa en diferentes repositorios o inventarios, algunos de los cuales pueden ser de acceso restringido a cargo de particulares o entidades gubernamentales y otros, de carácter público. Adicionalmente, las finalidades de cada uno de estos pueden ser diversas (p. ej. incentivar la compartición de infraestructura por parte del regulador de telecomunicaciones versus el inventario de la de una empresa) y también diferir en el nivel de desagregación de los elementos que forman la infraestructura (p. ej. eNodeB con indicador de marca y modelo versus el número de postes para desplegar cable).

En el caso de la información e inventarios de infraestructura de telecomunicaciones a cargo de particulares, puede tratarse de aquella de operadores de telecomunicaciones o empresas que se dedican a desplegarla para después arrendarla a los operadores; también están las instancias gubernamentales que prestan estos servicios (p. ej. la CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos y el Sistema Satelital Mexicano, a través de Financiera del Bienestar) o que tienen RT para su propia operación (p. ej. la Comisión Federal de Electricidad) y deben tener información e inventarios de su infraestructura de telecomunicaciones (CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos, 2019).

Es importante destacar que la manera en la cual cada particular o entidad gubernamental registra su infraestructura puede variar, además de que la vida útil de esta puede o no estar contemplada más allá de la depreciación fiscal y contable.

El Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), como instancia reguladora, cuenta con:

- a) Datos de la inversión privada en infraestructura en México en el Banco de Información de Telecomunicaciones (IFT, s/f). Esta incluye instalaciones para la operación, adiciones o modificaciones a las ya existentes para utilización por un amplio periodo (p. ej. equipos de conmutación, señalización, sincronización, transmisión, fuerza eléctrica y clima; compra de terrenos y/o edificios asociados al servicio). Se excluye el costo de licencias por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, gastos en investigación y desarrollo, empleo de recursos económicos en *software* y equipos de telecomunicaciones para uso interno (IFT, 2021).
- b) El Sistema Electrónico de Gestión (SEG), el cual tiene información sobre infraestructura de los agentes preponderantes, es decir, del grupo corporativo de América Móvil. El objetivo del SEG es que otros operadores puedan expandir su servicio en áreas donde no tienen infraestructura compartiendo aquella del agente preponderante, para lo cual se les provee acceso al Sistema. Dentro de la información disponible y

georreferenciada está la de ductos, postes, pozos, torres, sitios, predios y espacios físicos.

- c) El Sistema Nacional de Información de Infraestructura (SNII) pretende llegar a ser una base de datos nacional georreferenciada de cierta infraestructura activa y pasiva, la cual será alimentada con las aportaciones de concesionarios, autoridades de los tres órdenes de gobierno y particulares que ofrezcan sitios para realizar instalaciones. El acceso al Sistema estará restringido a operadores de telecomunicaciones actuales y potenciales, así como para autoridades de seguridad y procuración de justicia. El SNII tendrá componentes de la red desagregados e información detallada que incluya el tipo, la marca y el modelo de un equipo (p. ej. de una antena o una central) (IFT, 2019). Durante el 2024, recibirá la carga de datos por parte de los concesionarios (IFT, 2024).

### 3. ¿Medición de inventario, inversión o ambos?

Los retos para medir lo que es la ID, de acuerdo con Bennett *et al.* (2020), incluyen: 1) la evolución tecnológica; 2) la insuficiencia de datos granulares en las cuentas nacionales; 3) definir qué activos forman parte de la ID, pues los hay que también se utilizan para otros fines; 4) que el *software* y *hardware*, activos de centros de datos, pueden caer en otras categorías que nada tienen que ver con estos, por lo cual puede ser difícil aislar los activos de unos y otros; 5) que si bien la inversión en activos de ID ha crecido debido a inversiones en el sector de comunicaciones, la parte relativa a *software* y propiedad intelectual también lo ha hecho, mientras que la de estructuras (p. ej. radiobases de celular) ha disminuido; y 6) las tasas de depreciación de *software* y *hardware* son elevadas, por lo cual no se incrementan los *stocks* netos.

Dejando por un momento los retos, medir infraestructura de telecomunicaciones obliga a considerar las virtudes y desventajas de qué evaluar y cómo hacerlo. A continuación, abordaré la medición con base en un inventario y en inversión, así

como algunas reflexiones en torno a la evolución de la valoración en telecomunicaciones y el impulso a evaluaciones experimentales.

#### 3.1. Inventario

La medición que refleje el inventario o catálogo de la infraestructura digital existente es conveniente, pues "... permitirá identificar: qué es lo que existe; desde cuándo; si es propiedad gubernamental, del sector privado, del sector social o de una asociación público privada; el pronóstico de su vida útil; la posibilidad de ampliarla para acceder a zonas sin cobertura; etcétera..." (INEGI y PUED, 2023).

Ahora bien, debe definirse qué redes y elementos de estas formarán parte del inventario, en especial porque, según el tipo de red y servicio(s) que preste, podrán tener distintos componentes. A manera de ejemplo, las telecomunicaciones móviles tienen estaciones base o radiobases, los sistemas satelitales cuentan con satélites y estaciones terrenas; etcétera.

En Alemania, la agencia gubernamental de redes, la Bundesnetzagentur (2024), cuenta con un atlas de infraestructura (*Infrastrukturatlas*) para favorecer el despliegue de RT de altas capacidades. Ese sitio web tiene la ubicación precisa de los elementos de red para que empresas de telecomunicaciones y autoridades gubernamentales puedan acceder a la información con el fin de planificar el despliegue de redes para lograr el incremento en la capacidad de transmisión de datos (*expansión gigabit*).

El caso alemán confirma la importancia de la georreferenciación de la infraestructura de telecomunicaciones. En México, existen disparidades en esto, por ejemplo, la región suroeste (Chiapas, Guerrero y Oaxaca), con grado de marginación alto y escasa infraestructura de fibra óptica, contrasta con la centro-sur (Ciudad de México, el estado de México y Morelos), que tiene la mayor penetración de fibra óptica (IFT, 2023a). Por ello, la medición de infraestructura en telecomunicaciones como inventario y georreferenciado contribuiría a dar remedio a la

brecha digital en la República Mexicana para impulsar políticas públicas y empresariales.

### 3.2. Inversión

La medición de ID con base en la inversión que se realice en esta contribuye a saber lo que hay, siempre y cuando sean adecuados los elementos que se opten por incluir en lo que se estimará como inversión.

En Canadá, la medición sobre infraestructura de telecomunicaciones se registra de distintas maneras, destacando la basada en activos, en la cual se mide la inversión en dólares realizada en redes de comunicaciones, que incluye cables y líneas, fibra óptica y estructuras de soporte para la transmisión (Rasata, 2023; Wile, 2022).

Ahora bien, si se va a medir la ID, no se debe olvidar que las redes se están digitalizando con el incremento de soluciones de *software* para emplear menos *hardware* y hacer su empleo más eficiente (p. ej. NFV y SDN). De ahí que deban considerarse también las licencias para el uso de *software*.

En cuanto a México, si solo se mide la inversión en infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional sin una manera de identificar en qué zonas o regiones se está llevando a cabo el gasto, es posible que se esté canalizando únicamente hacia las de altos ingresos y rentabilidad. Para la implementación de políticas que favorezcan la igualdad y eviten la discriminación de personas por su situación geoeconómica, es importante conocer el vínculo de la inversión con la ubicación geográfica donde se realiza.

### Frecuencias del espectro radioeléctrico

Estas se encuentran en el espacio aéreo y, con la existencia de tecnología adecuada, se convierten en un medio de transmisión indispensable para la prestación de servicios de telecomunicaciones (Ál-

varez, 2018).<sup>5</sup> Las frecuencias son un intangible que está sujeto a la jurisdicción de cada nación,<sup>6</sup> quien decide si otorga o no una concesión o licencia para autorizar su uso, determina su tiempo, entre otros aspectos. Se estipula comúnmente que por ese derecho a usarlas, los concesionarios paguen una contraprestación al Estado.

Si bien en algunos países se consideran a los pagos que realizan los concesionarios por el derecho de usar las frecuencias como inversión en infraestructura, esa partida contable presenta múltiples aristas para conocer la infraestructura de telecomunicaciones que efectivamente existe. Ello pues, las frecuencias sin los equipos de telecomunicaciones que las hagan útiles para el servicio de nada sirven.

En el caso de México, se ha documentado que los precios por el derecho a utilizarlas son excesivos (IFT, 2023b). Entonces, si se considera como inversión, se puede llegar a la idea errónea de que se cuenta con mucha infraestructura de telecomunicaciones, cuando lo que se tiene en realidad es un sistema impositivo que grava muy fuerte el uso de las frecuencias, independientemente de si hay o no infraestructura.

Además, cabe la siguiente pregunta: ¿al vencer el plazo de la concesión o licencia de uso de frecuencias del espectro, se acaba la infraestructura al ya no haber pagos por el uso de estas?

### 3.3. Evolución de la medición

Para conocer la ID instalada en alguna región del país, no es suficiente la información estadística y de encuestas sobre el número de suscriptores,<sup>7</sup> líneas telefónicas ni accesos a telefonía o internet.

<sup>5</sup> Para más información sobre espectro radioeléctrico, su naturaleza jurídica, la importancia que reviste para los derechos humanos y para un sector abierto a la competencia, así como las disposiciones del marco jurídico mexicano, véase Álvarez, 2018.

<sup>6</sup> Las frecuencias del espectro radioeléctrico jurídicamente se consideran un bien de dominio público de la nación, donde el Estado ejerce su rectoría (artículo 27, párrafos cuarto y sexto de la *Constitución*).

<sup>7</sup> Se entiende por suscriptor a la persona física o moral que tiene contratado algún servicio de telecomunicaciones (p. ej. de una línea telefónica, de acceso a internet, TV restringida...).

Lo anterior, porque puede existir una zona con infraestructura de telecomunicaciones instalada pero que, por razones económicas, carezca de suscriptores al servicio. En este caso, se trataría de una instalada y no utilizada o subutilizada.

La medición con base en líneas telefónicas está superada, pues con la digitalización de las redes y los servicios digitales, una misma línea telefónica puede multiplicarse en varias y contabilizarse como un solo acceso a la red de telefonía.

En cuanto al número de accesos a los servicios fijo y móvil de banda ancha, esto reflejará, en su caso, la cantidad de suscriptores, mas no dará cuenta real de la infraestructura instalada. Ello es posible porque en una región puede existir infraestructura instalada para prestar el servicio a mil hogares u oficinas, pero si únicamente 50 lo contratan, una medición con base en el número de accesos contratados haría pensar que se tiene poca infraestructura, cuando en realidad sí la hay (oferta), pero no existen clientes (demanda) que contraten los servicios que se provean a través de ella.

### 3.4. Medición experimental

La inexistencia de una evaluación integral de la ID —incluyendo la de telecomunicaciones— en la República Mexicana no debe conducirnos a renunciar a realizar mediciones experimentales en otros componentes de la infraestructura digital, como los IXP, centros de datos y, eventualmente, de las redes de distribución de contenidos. No ignoro los retos significativos de medir esta parte de la ID, en especial porque sus propietarios serían del sector privado y sin tener el carácter de concesionarios de telecomunicaciones, pero estoy convencida de que debe intentarse una valoración experimental que se vaya robusteciendo con el tiempo.

## 4. Conclusiones y propuestas

Es clara la necesidad de que los países cuenten con un inventario de su infraestructura digital y

que se debe medir la inversión en ella, lo que es incierto es cómo lograrlo.

El primer paso será definir, para efectos de medición, qué comprenderá la ID, así como si podrá ser con base en inventarios físicos, en relación con la inversión que se haga en ella o de otra forma.

Considerando el contexto mexicano, las propuestas que hago son:

- Sin importar el tipo de medición que se adopte, se deberá contar con georreferencia. Esto permitirá reflejar las disparidades entre zonas geográficas para que se puedan diseñar mejores políticas públicas para la igualdad.
- Incluir medición de RT, IXP y centros de datos, dejando para una etapa posterior a las redes de distribución de contenidos.
- Al diseñar la metodología e implementar la medición de infraestructura digital, se debe considerar que existen múltiples propietarios de esta con diferentes grados de sofisticación. De ahí que las obligaciones de proveer información deberán ser congruentes con el tamaño y la complejidad del propietario.
- Elaborar una metodología uniforme para la medición de infraestructura que homologue la manera en la que los distintos propietarios la registren, incluyendo lo relacionado con la vida útil de esta.
- No incluir como inversión en infraestructura los pagos por uso de frecuencias que realizan los operadores de telecomunicaciones. Ello en atención a que puede distorsionar la información sobre la existencia real y actual de ID; más aún, considerando que en México se ha documentado que los pagos que se realizan anualmente pueden ser elevados en ciertas bandas del espectro.
- En la medición, debe tenerse presente que: convivirán las tecnologías legada y nueva, la vida útil de los componentes puede variar significativamente y el *software* está cada vez más presente y representa costos considerables.

Por último, determinar qué es lo que comprende la infraestructura digital y qué debe medirse puede ser en extremo debatible; sin embargo, ello no serviría de excusa para dilatar la medición; es mejor realizar aproximaciones sucesivas que vayan mejorándola, que postergarla hasta que se encuentre un modelo sólido.

## Fuentes

- Álvarez, Clara Luz. *Derecho de las telecomunicaciones*. 2.ª ed. México, Fundación para la Libertad de Expresión y Posgrado en Derecho, UNAM, 2013 (DE) <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/8/3716/1.pdf>.
- \_\_\_\_\_. *Telecomunicaciones y radiodifusión en México*. México, Posgrado en Derecho, UNAM, 2018 (DE) [bit.ly/3AQMutP](https://bit.ly/3AQMutP).
- \_\_\_\_\_. *Derecho satelital y del espacio exterior*. México, Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM y Universidad Panamericana, 2023 (DE) <https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/7352-derecho-satelital-y-del-espacio-exterior>.
- Bennett, J., R. Kornfeld, D. Sichel, and D. Wasshausen. *Measuring Infrastructure in the Bureau of Economic Analysis National Economic Accounts*. US Bureau of Economic Analysis Working Paper. Estados Unidos de América, U.S. Department of Commerce, 2020 (DE) [bit.ly/3MxYjaW](https://bit.ly/3MxYjaW).
- Bundesnetzagentur. *Gigabit Grundbuch*. 2024 (DE) [bit.ly/3XsUtpz](https://bit.ly/3XsUtpz).
- CISCO. *¿Qué es un centro de datos?* CISCO (DE) [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/solutions/data-center-virtualization/what-is-a-data-center.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/solutions/data-center-virtualization/what-is-a-data-center.html), consultado el 21 de abril de 2024.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). “Acuerdo por el que se crea CFE Telecomunicaciones e Internet para Todos (México)”, en: *Diario Oficial de la Federación (DOF)*. México, 2 de agosto de 2019, última modificación publicada en el DOF el 29 de noviembre de 2022.
- García-Mora, Fernando y Jorge Mora-Rivera. “Exploring the impacts of Internet access on poverty: A regional analysis of rural Mexico”, en: *New Media and Society*. Vol. 25, 1, enero del 2023, pp. 26-49 (DE) [bit.ly/47knbML](https://bit.ly/47knbML).
- Gijrath J. H., Serge. “(Re-)defining software defined networks under the European electronic communications code”, en: *Computer Law and Security Review*. Vol. 40, Reino Unido, 2021 (DE) <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2020.105492>.
- IBM. *¿Qué es una red de distribución de contenido (CDN)?* IBM (DE) [bit.ly/3TePdmY](https://bit.ly/3TePdmY), consultado el 21 de abril de 2024.
- Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). “Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite los Lineamientos para la entrega, inscripción y consulta de información para la conformación del Sistema Nacional de Información de Infraestructura (México)”, en: *Diario Oficial de la Federación (DOF)*. México, 28 de octubre de 2019, última modificación publicada en el DOF el 28 de febrero de 2024.
- \_\_\_\_\_. *Nota técnica de información estadística de los indicadores de los sectores de Telecomunicaciones y Radiodifusión al 4T 2021*. México, IFT, 2021 (DE) [https://www.ift.org.mx/sites/default/files/nota\\_tecnica\\_4t\\_2021.pdf](https://www.ift.org.mx/sites/default/files/nota_tecnica_4t_2021.pdf).
- \_\_\_\_\_. *Conectividad de banda ancha fija y costeo de redes de fibra óptica a nivel municipal en México*. México, IFT, 2023a (DE) [https://despliegueinfra.ift.org.mx/docs/Estudio%20conectividad%20y%20costeo\\_DGCI\\_UPR\\_0\\_0.pdf](https://despliegueinfra.ift.org.mx/docs/Estudio%20conectividad%20y%20costeo_DGCI_UPR_0_0.pdf).
- \_\_\_\_\_. *Estudio de mercado sobre los costos del espectro radioeléctrico para servicios móviles en México*. México, IFT, 2023b (DE) [https://www.ift.org.mx/sites/default/files/estudio\\_costos\\_del\\_espectro\\_0.pdf](https://www.ift.org.mx/sites/default/files/estudio_costos_del_espectro_0.pdf).
- \_\_\_\_\_. *El IFT pone en marcha el Sistema Nacional de Información de Infraestructura (SNII)*. Comunicado 51/2024, 20 de junio. México, IFT, 2024 (DE) <https://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/el-ift-pone-en-marcha-el-sistema-nacional-de-informacion-de-infraestructura-snii-comunicado-512024>.
- \_\_\_\_\_. *Banco de Información de Telecomunicaciones*. México, IFT, s/f (DE) <https://bit.ift.org.mx/BitWebApp/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y Programa Universitario de Estudios del Desarrollo (PUED) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). *Medición de infraestructura: informe final. Grupo Técnico de Expertos en Infraestructura en México*. México, INEGI, PUED-UNAM, 2023 (DE) [bit.ly/4e9K0F3](https://bit.ly/4e9K0F3).
- Lardé, J., S. Marconi y J. Oleas. *Aspectos metodológicos para el tratamiento estadístico de la infraestructura en América Latina y el Caribe*. CEPAL, 2014 (DE) <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37322-aspectos-metodologicos-tratamiento-estadistico-la-infraestructura-america-latina>.
- Madi, T., H. Assem, M. Pourzandi y A. Boukhtouta. “NFV security in 5G networks: A three dimensional threat taxonomy”, en: *Computer Networks*. Vol. 197, Amsterdam, 2021 (DE) <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.108288>.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). *OECD Implementation Handbook for Quality Infrastructure Investment*. OCDE, 2021 (DE) [bit.ly/3z7ArYu](https://bit.ly/3z7ArYu).
- Rasata, Hasina (Statistics Canada). Comunicación personal por correo electrónico, 25 de abril de 2023.
- van de Ven, Peter. *Defining infrastructure*. OCDE, SDD/CSSP/WPNA(2021)1/REV1, 2021.
- Wile, Scott. *Canada’s Infrastructure Economic Account: Average age of investment and remaining useful service life ratios of infrastructure assets*. Statistics Canada, 2022 (DE) <https://www.youtube.com/watch?v=fQI36f6w7UA>.

# Midiendo la infraestructura para la competitividad, desarrollo social y crecimiento

## Measuring Infrastructure for Competitiveness, Social Development, and Growth

Fausto Hernández Trillo,\* Juan Carlos Moreno Brid\*\* y Enrique Provencio Durazo\*\*\*

Este ensayo pretende establecer la importancia de tener un sistema de indicadores de la infraestructura. Para ello, revisa el concepto de esta y llega a una definición que se debe adoptar cuando se intente medirla. Con respecto a esta medición, se consultó la literatura en la materia y se propone una metodología de inventarios perpetuos para su valuación. Concluye que, en adición, es muy importante contar con un balance de la infraestructura pública y privada. Ambas mediciones resultan de vital importancia para coadyuvar en la planeación regional y el diseño de la política pública.

**Palabras clave:** infraestructura; medición; desarrollo; valuación; inventarios perpetuos.

**Recibido:** 29 de febrero de 2024.

**Aceptado:** 26 de junio de 2024.

This essay attempts to establish the importance of having a system of infrastructure indicators. To this end, it reviews the concept of infrastructure and comes up with a definition that should be adopted when trying to measure it. With respect to this measurement, the literature on the subject was consulted and a perpetual inventory methodology is proposed for its valuation. It concludes that, in addition, it is very important to have a balance of public and private infrastructure. Both measurements are of vital importance to assist in regional planning and the design of public policy.

**Key words:** infrastructure; economic development; economic growth; competitiveness; economic indicators.

\* Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE), fausto.hernandez@cide.edu.

\*\* Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), mbrid@economia.unam.mx.

\*\*\* Programa Universitario de Estudios del Desarrollo (PUED), UNAM, enpro56@gmail.com.

**Nota:** Este escrito se deriva del proyecto Medición de Infraestructura del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), ver bit.ly/4e9K0F3. Se agradece la excelente ayuda de María del Carmen Dircio Palacios Macedo, María del Carmen Rodríguez y Edgar Francisco Pérez Medina. Cualquier error es responsabilidad de los autores.



Trabajadores de la construcción que ponen los cimientos con barras de hierro/mofles/istockphoto.

## Introducción

La infraestructura pública es uno de los factores que detonan la competitividad y el desarrollo social, lo que en turno puede generar crecimiento económico sustentable. Lo primero se ha mostrado ya en la literatura, en la cual destaca el artículo seminal de Aschauer (1989b), quien encontró evidencia del impacto que tiene el acervo de capital público sobre el privado y, más importante, en la productividad de un país. Después, se desarrollaron nuevas demostraciones en el mismo sentido (Holz, 1988; Munnell, 1990; para México, Becerril *et al.*, 2010; para electricidad, Deleidi y Mazzucato, 2019). Krugman (1994) expone, además, que la infraestructura pública tiene impactos importantes

en la educación, la salud y, más generalmente, en el abatimiento de la pobreza. Incluso, hay un estudio reciente donde se muestra que la infraestructura (autopistas en Brasil) puede coadyuvar a reducir la informalidad (Guida-Johnson, 2022).<sup>1</sup>

En principio, el consenso es que la infraestructura pública puede ampliar la capacidad productiva. Considere una autopista bien construida: esta le permitirá a un camión de carga circular de manera más expedita evitando el desgaste de la unidad y acortando el tiempo de traslado de mercancías hacia los mercados, el cual significará que el productor

<sup>1</sup> El Banco Interamericano de Desarrollo (2020) realizó un examen interesante de las brechas de infraestructura para la región de América Latina.



disminuya sus costos tanto por el menor deterioro del vehículo como por un menor pago al operador. De esta manera, la carretera permite coadyuvar en la producción y distribuir a un menor costo. Historias similares pueden elaborarse de transportación masiva, agua y demás infraestructura.

Así, dondequiera que existan estos servicios públicos, las compañías privadas o públicas tendrán un fuerte incentivo a instalarse ahí mismo. Por esta razón, algunos argumentan que la productividad se incrementa (Evans y Karras, 1992). Hay estudios que soportan esta conclusión a nivel estatal para Estados Unidos de América (EE. UU.) (Costa *et al.*, 1987; García y McGuire, 1992) y México (Becerril *et al.*, 2009).

Debe acotarse, sin embargo, que estas hipótesis tienen sus detractores. Un primer grupo de críticos argumenta que la correlación entre una tendencia ascendente del crecimiento del producto nacional y el aumento en gasto de infraestructura es definitivamente espuria (Aaron, 1990; Jorgenson, 1991). Otro segundo sugiere que la causalidad se da solo en un sentido y que ese se da en la dirección de crecimiento económico a infraestructura (Eberts y Fogarty, 1987).

Munsell (1992) presenta evidencia para contradecir a la primera crítica, pero afirma que la segunda no puede ser desechada. Holz y Schwartz (1994), utilizando un modelo de crecimiento neoclásico, encontraron débiles muestras de que la productividad se incrementa a raíz de mayor infraestructura pública. Fernald (1999) argumenta que el aumento en productividad proveniente del programa de infraestructura de Eisenhower fue un salto de *una-sola-vez*. En fecha más reciente, Ramey (2020) sostiene que EE. UU. ha gozado de beneficios en el largo plazo que estudios previos no han captado por haberlos realizado con horizontes de tiempo más acotados. Conviene decir que, para el caso de Estados Unidos de América, el acervo de capital público<sup>2</sup> representa la mitad del privado de acuerdo con el US Bureau of Economic Analysis.

<sup>2</sup> Este indicador no puede calcularse con precisión para el caso mexicano en tanto no se disponga de información de los acervos del patrimonio público. El propósito del proyecto en cuestión, y objetivo del presente ensayo, es ayudar al INEGI a medir la infraestructura pública y privada de México.

Por último, Agenor y Moreno (2006) estudiaron canales adicionales a los tradicionales (productividad, complementariedad y *crowding-out*) por medio de los cuales se afecta el crecimiento. En particular, encontraron evidencia de que los costos de ajuste de la inversión disminuyen, la durabilidad del capital privado se incrementa y la producción de bienes y servicios de salud y educación aumenta, lo que da lugar a un beneficio no identificado con anterioridad proveniente de la inversión en infraestructura pública, a saber, la reducción de la pobreza (en la línea de Krugman, 1999).

Más aún, distintos estudios han asociado a la existencia de infraestructura pública con la generación de empleos y la disminución de las condiciones de pobreza de las distintas áreas. Considere el drenaje y el alcantarillado, así como el agua potable en una zona marginada: esto disminuye las enfermedades infecciosas de manera importante, lo cual, en turno, reduce el ausentismo escolar y, con ello, eleva el nivel educativo. Por su parte, buenos caminos le permiten a la población marginada transportar sus productos a los centros cercanos de consumo, con lo que su nivel de ingreso se incrementa, reduciendo niveles de pobreza.

Desde los países emergentes, Calderón y Servén (2014) y Hooper *et al.* (2017) insisten que la infraestructura juega un papel crucial en la promoción del crecimiento económico y, más aún, en reducir las desigualdades entre naciones. A este último fenómeno, Gardner y Blair (2023) le denominan la brecha de la infraestructura.<sup>3</sup>

Regresando a si genera crecimiento, hay mucho menos evidencia de esta relación para países más atrasados económicamente. Fontenla y Noriega (2006) encontraron que la infraestructura pública ha promovido el desarrollo mexicano utilizando un indicador muy representativo, como el número de líneas telefónicas. En principio, esto sugiere que, en efecto, esta puede coadyuvar. Becerril *et al.* (2010) muestran que afecta la eficiencia.

<sup>3</sup> Estos autores muestran que las tasas sociales de retorno deben ser mayores a las privadas tanto en el país rico como en el pobre, para que una inversión en capital que realice un inversionista de nación rica en una pobre reduzca tal brecha.

Observe que para el artículo que intenta relacionar el crecimiento con la infraestructura en México solamente se utiliza un *proxy* (número de líneas de telefonía fija). Ello es así porque no existe una serie pública de largo plazo de indicadores de esta para el desarrollo.

De aquí la importancia de tener información estadística y localización detalladas y confiables acerca de la infraestructura para la competitividad y el crecimiento, de manera que la sociedad tenga la posibilidad de evaluar los retos en la materia.

En particular, contar con indicadores detallados a niveles municipal, estatal y federal acerca de la disponibilidad de distinta infraestructura (por ejemplo, vías de comunicación y su estado), así como de la de electricidad y agua, es fundamental no solamente para conocer los retos y vacíos existentes para una mejor planeación pública de construcción, sino para que una empresa decida dónde instalarse. Mas *et al.* (2015) realizaron un esfuerzo importante para conmensurar la inversión pública en infraestructura en España desde 1900 hasta 2012. No obstante, este valioso informe no contiene la valuación de esta, pues se concentra en la inversión de manera muy detallada.

En suma, una mejor planeación para el desarrollo regional requiere de contar con la información estadística y geográfica detallada. Para poder llegar a buen puerto en este sentido, es indispensable que, primero, se delimite qué se entiende por infraestructura física. Una vez definida, es importante clasificarla, medirla y valorarla. Aquí se intenta dotar de elementos a este respecto, que es el objetivo del presente ensayo.

En adición, como se abordará más adelante, el uso de distintos *proxies* y mediciones en estudios comparativos entre países puede arrojar resultados poco confiables.

## Concepto de infraestructura

Ya se ha argumentado aquí sobre la importancia que reviste la infraestructura para contribuir al desarrollo económico y social de cualquier país. De

igual manera, se ha revisado que no hay un consenso acerca de la causalidad entre crecimiento económico e infraestructura.

Un aspecto no discutido en el apartado inicial de este documento es que todos los estudios empíricos utilizan distintas aproximaciones —*proxies*— para medir la infraestructura. Algunos emplean la carretera, otros la capacidad de generación eléctrica, mientras que unos más, como Noriega (2007) para el caso mexicano, el número de líneas telefónicas y otros, simplemente, usan el gasto público en capital. Esta última excluye, por ejemplo, aquella cuyo origen es privado.

Como se puede apreciar, el término se encuentra estacionado en la mente de los investigadores, pero cada uno lo aproxima con la variable que tiene a la mano.

Por lo anterior, es importante aclararlo. Al final, cualquier concepto está sujeto a precisiones, adecuaciones y mejoras, pero un buen punto de partida es llegar a la definición más exacta posible y que se acomode a nuestro objetivo final, poder medirla. A continuación, se presenta un pequeño examen de su transformación.

## Evolución del concepto infraestructura

Como ya se mencionó, no existe una definición estándar de esta. Desde el inicio de la disciplina, Marx por ejemplo, ya se hablaba de la infraestructura y la superestructura. Para él, es un concepto amplio que incluye todas las fuerzas productivas y relaciones de producción. Tinbergen (1962), por su parte, considera a la primera como caminos, pero también educación, mientras que en el caso de la segunda se refiere a las actividades propiamente dichas, como la manufactura, agricultura y minería. Acá ya se puede visualizar que la infraestructura es la que apoya a las actividades económicas (superestructura). El hecho de no tener un significado común dificulta el diseño de políticas públicas y, más aún, de su medición (Infraestructure Canada, 2007).

A pesar de ello, todavía no hay un consenso al respecto, pues el término ha sido utilizado en muchos ámbitos, incluido el militar, que lo usaba para referirse a sus instalaciones. Así, en el sentido económico, se toma prestado el concepto de la existencia física de las instalaciones necesarias para el cumplimiento de una función (Torrise, 2009). De aquí que surgen dos enfoques para delimitarlo:

- El primero se refiere a lo tangible, por lo cual se le considera un *bien de capital*, que implica una medición de unidades grandes y se origina por un gasto de inversión importante y se caracteriza por una vida útil amplia, indivisibilidad técnica y que arroja un cociente de capital/producto alto.

En el pasado, incluso, se llegó a considerar como un *bien público* en el sentido económico, en el que no hay rivalidad ni posibilidad de exclusión del consumo de este. Con el avance de la tecnología se han podido desarrollar mecanismos muy efectivos para excluir del consumo a quien no pague el uso.

- El segundo es el funcional, más específicamente, de funciones esenciales. Esto se debe a que se considera que todo proceso productivo utiliza infraestructura. Por esto, la material tiene la función de hacer posible el inicio y desarrollo de toda actividad llevada a cabo por los agentes económicos (Buhr, 2003). Este autor agrega que la infraestructura es la que potencializa las actividades de los agentes en beneficio de la sociedad.

Torrise (2009) menciona, además, que las definiciones surgen según el efecto que producen. Para él, se refiere a los atributos: "... todo bien de capital que sirve para la coordinación e interacción de las unidades económicas de manera que puedan llevar a cabo sus actividades y planes económicos...".

Buhr (2003) se inclina más por una definición funcionalista: "... es la suma de toda información económica relevante tal como reglas, acervos físicos y medidas que tienen como función de potenciar y movilizar a los agentes económicos para realizar sus actividades productivas...".

Conviene, para fines de difusión, que es una de las funciones del propio INEGI, revisar qué entiende la población por infraestructura. Por ello, es pertinente buscar, incluso, las definiciones de diccionarios. Para la Real Academia de la Lengua Española (RAE), es:

"1. f. Obra subterránea o estructura que sirve de base de sustentación a otra.

2.f. Conjunto de elementos, dotaciones o servicios necesarios para el buen funcionamiento de un país, de una ciudad o de una organización cualquiera".

Observe que, en su segunda acepción, la RAE adopta una de tipo funcionalista, pero conviene decir que incluye elementos materiales, los cuales, en general, se pueden medir con las metodologías apropiadas.

Por último, y considerando que la población utiliza mucho *Wikipedia*, es preciso consultar su definición: "Es el conjunto de instalaciones y sistemas que apoyan y posibilitan el funcionamiento sostenible de los hogares y las empresas".

En este ensayo, proponemos una enunciación que intenta conjuntar los elementos de las distintas —pocas— que se han arrojado en la literatura revisada arriba. Debe apreciarse que el concepto adoptado permite que los elementos sean medibles. Así, la definición se da de la siguiente manera: "La infraestructura es la base material, construida por el hombre o provista por la naturaleza, sobre la que una sociedad desarrolla las actividades productivas, así como la circulación y distribución de los bienes y servicios, que le permiten satisfacer sus necesidades. Por su largo ciclo de vida y sus dimensiones, se integra al territorio y modifica las relaciones medioambientales (bióticas y abióticas), económicas y sociales originales en él establecidas".

Como puede apreciarse, esta tiene una perspectiva más material que funcional. Esto se hace así, se reitera, para posibilitar la medición de manera más explícita. Una vez establecida la definición, se procede a revisar cómo se puede clasificar.

## Clasificación del tipo de infraestructura

Esto es un aspecto crucial para iniciar cualquier proceso de medición (el cual se aborda más adelante). Buhr (2003) se refiere a uno de los primeros trabajos al respecto, un texto en alemán (Jochimsen, 1996) donde se clasifica la infraestructura como personal, material e institucional; otras fuentes la tienen como económica y social; unas más la dividen en básica y complementaria; mientras que hay quienes la manejan como esencial y no esencial.

La mayor parte de las clasificaciones contienen los distintos tipos de infraestructura y solo se diferencian por el uso que le asignan a cada tipo de elementos.

En términos generales, a partir de Jochimsen (1996), Buhr (2003) considera la infraestructura material como aquella que debe satisfacer los requerimientos de la vida humana, así como de las actividades productivas. Algunas de ellas se trasla-

pan, por ejemplo, una carretera sirve para el traslado de las personas, así como para el de productos. Lo mismo puede decirse del agua y de la electricidad, entre otros.

Para la revisión de cómo la clasifica la reducida literatura que existe al respecto, en el cuadro 1 se aprecia un resumen por considerarlo más ilustrativo. Como se observa, los distintos autores la ordenan de manera distinta. Un aspecto para tomar en cuenta es que la mayor parte de la infraestructura es común en todas las clasificaciones. Es necesario añadir aquella referente a las telecomunicaciones, cuyo desarrollo es más reciente, pero tiene que incluirse.

Como se puede apreciar, existen muchas clasificaciones, pero hay una coincidencia que es considerar virtualmente todo lo relacionado con la actividad económica y social de la población. Una vez que cada país o, incluso, un conjunto de naciones alcance un consenso al respecto, es importante definir la metodología adecuada para su valuación. A continuación, se aborda el tema.

Cuadro 1

Continúa

### Distintas clasificaciones de acuerdo con la literatura

Hansen (1965)	Aschauer (1989b)	Sturm <i>et al.</i> (1995)	Di Palma <i>et al.</i> (1998)	Biehl (1991)
Económica	Esencial	Básica	Material	De redes
Calles	Calles	Ferrocarriles	Redes de transporte	Carreteras
Carreteras	Carreteras	Carreteras	Sistemas de agua	Ferrocarriles
Aeropuertos	Aeropuertos	Canales	Redes de energía	Sistemas de agua y su distribución
Transporte marítimo	Transporte público	Puertos		Redes de telecomunicación
Alcantarillado y distribución de agua	Redes eléctricas	Electricidad		Sistemas para generación de energía
Acueductos	Gasoductos	Telégrafo		
Redes de drenaje	Redes de distribución de agua	Drenaje		
Gasoductos	Drenaje	Diques		
Electricidad				
Irrigación				
Plantas y estructuras para transferir <i>commodities</i>				

### Distintas clasificaciones de acuerdo con la literatura

Hansen (1965)	Aschauer (1989b)	Sturm <i>et al.</i> (1995)	Di Palma <i>et al.</i> (1998)	Biehl (1991)
Social	No esencial	Complementaria	Inmaterial	Nuclear
Escuelas	Componentes para desecho de residuales	Trenes ligeros	Estructuras dedicadas al desarrollo e innovación y educación	Escuelas
Estructuras de seguridad pública		Tranvías		Hospitales
Basureros y sus instalaciones		Gasoductos		Museos
Hospitales		Red eléctrica		
Áreas verdes		Oferta de agua		
Instalaciones deportivas		Red telefónica		

## Valuación de la infraestructura

Para medir y valorar, es importante consultar lo que la literatura en el tema ha entendido por este concepto. A riesgo de ser repetitivos, acá se vuelve a revisar, pero ahora haciendo énfasis en el *proxy* que utilizaron, para darnos cuenta de que si realmente se quiere evaluar su impacto sobre el crecimiento o la desigualdad es necesario utilizar una medición homogénea.

El artículo más citado, y se puede decir seminal, es el de Aschauer (1989b), quien encuentra evidencia del impacto que tiene el acervo de capital público sobre el privado y, más importante, sobre la productividad de un país. El autor sostiene que la infraestructura esencial (como calles, autopistas y carreteras, sistemas de agua potable, transportación masiva, alcantarillado y drenaje) es la que más impulsa la productividad y, con ello, el crecimiento de un país. Utiliza el acervo de este capital público para Estados Unidos de América.

Posteriormente, Holz (1988), Munnell (1990) y, para electricidad, Deleidi y Mazzucato (2019) desarrollaron demostraciones al respecto. Todos estos trabajos utilizaron flujos anuales de inversión pública.

Si bien existen detractores acerca de la causalidad de ambas variables (infraestructura y creci-

miento o productividad), los autores de estas investigaciones emplearon también esos flujos (Aaron, 1990; Jorgenson, 1991; Eberts y Fogarty, 1987). Otros encontraron que la magnitud es mucho menor que la que hallaron Aschauer (1989a), Sturm *et al.* (1995) y Steiz (2001), pero usaron otro *proxy*, por lo que la comparación es compleja. Munnell (1992) presenta evidencia para contradecirlos y empleó también gasto en infraestructura.

En fecha reciente, ha surgido más literatura. Esta utiliza frecuentemente dos tipos de mediciones para la infraestructura. La primera es de manera física/material, por ejemplo, abundan los trabajos que intentan determinar si es un factor causal para detonar el crecimiento económico o desarrollo, entendido este como mejora en los niveles de pobreza (Banerjee *et al.*, 2020). Acá se utiliza una variedad de *proxies*, como líneas telefónicas (Noriega, 2007; Esfahani y Ramírez, 2003); capacidad de generación eléctrica (Esfahani y Ramírez, 2003); penetración de banda ancha (Czernich *et al.*, 2011); estado físico de carreteras, red ferroviaria, infraestructura aeroportuaria y oferta de electricidad (Palei, 2015); y telecomunicaciones, transportación y capacidad instalada de energía eléctrica (Shoukat y Ahmad, 2016).

Otros utilizan flujos (desde el seminal de Barro, 1990) de inversión pública y privada (Wang, 2002);

en particular, se emplea el gasto público en capital (ver trabajos citados antes).

No obstante, para poder realmente calcular el efecto de la infraestructura sobre la productividad o el crecimiento económico, es necesario desarrollar una medida de acervo que sea común. De lo contrario, la comparación entre los artículos puede enfrentarse a problemas de interpretación.

Con anterioridad, de acuerdo con Kamps (2004), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) recopiló estadísticas de acervo de infraestructura para el periodo 1970-1996 que proporcionaron los 12 países miembros de esa institución. Evans y Karras (1992) la utilizaron. No obstante, Kamps (2004) documenta que la propia OCDE retiró las estadísticas porque encontró que cada nación empleaba su propia metodología, lo que las hacía incomparables; este autor usó un modelo de inventarios perpetuos para obtener una serie de acervos de infraestructura para un grupo de 22 países de la OCDE y para el periodo 1960-2001.

De esta revisión, se puede apreciar que lo más utilizado es el Método de Inventarios Perpetuos (MIP). Las oficinas de estadística nacional de Canadá y Gran Bretaña también lo usan para sus proyectos de medición de acervo de infraestructura.

Por la importancia que reviste, la siguiente sección describe de manera intuitiva y didáctica el modelo.

## **Método de Inventarios Perpetuos para valuación de infraestructura**

Partiendo de los criterios establecidos por las autoridades de estadística en varios países, por organismos como la OCDE y tomando en cuenta la literatura académica al respecto, se observa que las construcciones que se hacen de datos de *stock* de capital se basan en alguna variante del MIP (Statistics Canada, 2002; Comisión Europea y Eurostat, 1996; ONS, 1998; OECD, 2009; Meinen y Verbiest, 1998; Berlemann y Wesselhöft, 2014; Wu, 2009).

Tal como lo menciona Statistics Canada (2002), el *stock* de capital se puede medir de diversas maneras, por ejemplo, a través de encuestas de *stock* físico o valores contables. Sin embargo, esta misma autoridad reconoce que, en general, se prefiere el MIP, ya que es una forma muy flexible para desarrollar series temporales de *stocks* de capital.

De acuerdo con Dey-Chowdhury (2008), el Método de Inventarios Perpetuos es un modelo económico que permite calcular *stocks* a partir de flujos de inversión asociados. Ello a través de acumular compras pasadas de activos durante su vida útil estimada para calcular una medida de *stock* de capital bruto (SCB). La principal fuente de datos de entrada para el MIP son los de inversión de capital, a precios constantes. También, se requieren los de la vida útil para garantizar que la medida del SCB resultante no incluya el *stock* de un activo que ya no tiene ningún uso económico.

El MIP lo utilizan las oficinas de estadística de varios países del mundo para medir la infraestructura. Específicamente, hay distintos conceptos de esta que se miden a través de este método. Por ejemplo, en la Oficina de Estadísticas Nacionales (ONS, por sus siglas en inglés) del Reino Unido, se usa para estimar el SCB, el consumo de capital fijo (CCF) y el *stock* de capital neto (SCN) para las cuentas nacionales de esa nación. Estos tres conceptos y la forma de medirlos se explican con más detalle más adelante en este documento. Por otra parte, cuando se realizan estimaciones de CCF y SCN, también es necesario especificar una función de depreciación, para considerar que los activos pierden valor con el tiempo como resultado de estar sujetos a un desgaste.

Se considera, entonces, que hay consenso en usar el MIP, aunque existen algunas variantes de este, así como precisiones en las que ahondar. Además, hay ciertas dificultades para su implementación y correcta estimación. Respecto a estas, en primer lugar, son el identificar y poder tener a la mano los indicadores necesarios. Cuando no se tienen a disposición, se pueden calcular, pero es más complicado porque se debe adoptar

un modelo, con sus respectivos supuestos, para la correcta estimación de los diferentes parámetros requeridos. En algunos países de la Unión Europea, en Holanda por ejemplo, de acuerdo con Meinen y Verbiest (1998), considerando las dificultades de las estimaciones, se ha conseguido que la autoridad encargada de recopilación de estadísticas construya indicadores, como el de desgaste, que han servido para mediciones futuras.

En segundo lugar, cuando se tienen que estimar, conllevan supuestos y pasos previos que pueden variar en cada enfoque adoptado; por lo tanto, de hecho, se ha reconocido lo difícil que es obtener resultados internacionalmente comparables, y en la literatura de investigación solo se han realizado unos pocos intentos para ello. Así lo consideran Berlemann y Wesselhöft (2014) en un artículo en el que revisaron y evaluaron las implementaciones previas del MIP y construyeron estimaciones de los *stocks* de capital agregados para el periodo de 1970 al 2010 para 103 países, entre los que se encontraba México.

Aun reconociendo estas dificultades, es de gran importancia medir los *stocks* de capital, y es posible adoptar criterios de autoridades de otras naciones y mejores prácticas para la estimación de los modelos y su implementación para México. En este documento se hace una primera aproximación al MIP y se describen algunos criterios establecidos en la literatura y en reportes de entidades de estadística de varios países. Se ha reconocido, en general, que los criterios podrían diferir por tipo de activo de infraestructura. Incluso, a nivel investigación, Wu (2009) propone ajustes por regiones y sectores en China.

Para empezar, se puede tomar la definición de *stock* de capital dada por la ONS (1998), la cual establece que es una medida del capital físico dentro de una economía en un momento dado. Este incluye cualquier activo no financiero que se utilice en la producción de bienes y servicios con una vida útil superior a un año (por ejemplo, edificios y maquinaria). Los cambios en el SCN de un periodo a otro consisten en aumentos en el capital social por inversión y la reducción en el de por retiro, depreciación y descarte.

## MIP: cómo emplearlo

### *Parámetros importantes*

Se ha considerado que la aplicación del MIP requiere estimaciones y supuestos sobre tres parámetros:

- Vida útil.
- Patrón de descarte.
- Método de depreciación.

Meinen y Verbiest (1998) discutieron estos parámetros e hicieron propuestas para presentar un enfoque que pudiese ser aplicable, más allá de los supuestos y modelos que se tomaran.

De acuerdo con Dey-Chowdhury (2008), el supuesto más importante para el MIP es la duración estimada de la vida útil de un activo. Así está establecido en la ONS (1998). Esto se refiere al periodo, en promedio, que se espera que un bien o servicio sea económicamente rentable. La vida útil captura cuánto tiempo permanece la inversión en un activo determinado en la medida del *stock* de capital.

La vida útil es un parámetro importante en el MIP. Sin embargo, las estimaciones de esta basadas en información estadística son escasas. En su mayoría, las principales fuentes son las de datos fiscales y/o prácticas contables.

Meinen y Verbiest (1998) muestran cálculos basados en datos directamente observados sobre *stock* de capital y descartes. Además, exploraron fuentes fiscales, informes comerciales anuales y datos internacionales. El análisis y la combinación de todo dio como resultado una tabla que contiene *mejores prácticas* en la estimación de vida útil por tipo de activo e industria, que presentan en su artículo.

Se ha considerado frecuentemente que, para estimar el MIP, la vida útil es el único parámetro relevante y que la influencia de los patrones de descarte es insignificante. Sin embargo, Meinen y Verbiest (1998) consideraron que los patrones de descarte influyen de forma importante en los

resultados de los cálculos del MIP. Estos autores juzgaron que el MIP tradicional no reproduce de manera suficiente las clases *vintage* más antiguas en comparación con una medición real del *stock* de capital. En su opinión, las funciones de supervivencia con una cola más larga, como la *Weibull* y la *lineal retardada*, se ajustarían mucho mejor.

Por lo tanto, recomiendan la aplicación de la distribución *lineal retardada* en el MIP. La función de supervivencia *lineal retardada* proporciona una aproximación a cualquiera de las otras funciones de supervivencia utilizadas en este informe y funciona bastante bien cuando se considera la subdivisión del *stock* de capital en clases *vintage*. Otra ventaja es que los cálculos son menos complicados.

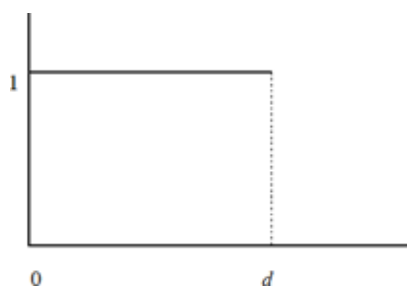
La contabilidad nacional, generalmente, brinda un registro completo y detallado de las transacciones y otros flujos que ocurren en la economía de un país en un periodo particular. Los balances completan la secuencia de cuentas, mostrando el resultado final de las entradas en las de producción, distribución y uso del ingreso, así como en las de acumulación.

#### MIP: fórmulas para el cálculo

Utilizando el Método de Inventarios Perpetuos, el SCB se calcula como la suma de la formación bruta de capital fijo de años anteriores, cuya vida útil aún no ha vencido. En el caso más simple, se supone que la inversión total de un bien o servicio en particular no se deteriora durante la vida útil esperada de ese activo y se descarta por completo después de ese periodo, es decir, denotándola por  $d$ , este dura exactamente  $d$  años (ver gráfica).

#### Gráfica

### Función de supervivencia de inventarios perpetuos



La fórmula es la siguiente:

$$SCB_{t,t} = \sum_{i=0}^{d-1} I_{t-i} * P_{t-i,t}, \quad (1)$$

donde:

$SCB_{t,t}$ : *stock* de activos fijos (brutos) en el año  $t$  a precios del año  $t$ .

$I_{t-i}$ : formación de capital fijo bruto en el año  $t$  a precios corrientes.

$P_{t-i,t}$ : índice de precios del año  $t$  con el año base  $t - i$   $d$  = vida útil esperada.

Los cálculos usando el MIP dan como resultado el *stock* de capital bruto al final del periodo contable. Si se asume una depreciación lineal, se divide el SCB entre los años de vida útil. De esta forma, se calcula el consumo de capital fijo; la fórmula con depreciación lineal es la siguiente:

$$CCF_{t,t} = \frac{1}{d} * SCB_{t,t} \quad (2)$$

El *stock* de capital neto, que es el que aparece en los balances, puede compilarse como el SCB menos el CCF acumulado. Previo a ello, se calcula el valor neto para cada *vintage* de capital con la siguiente fórmula:

$$VN_{t-i,t} = I_{t-i} * P_{t-i,t} - \sum_{j=0}^i CCF_{t-j}^{t-i} \quad (3)$$

donde:

$VN_{t-i,t}$  = valor neto del *vintage*  $t - i$  en el año  $t$ .

$CCF_{t-j}^{t-i}$  = consumo de capital fijo

$I_{t-i}$  del *vintage*  $t - i$  en el año  $t - j$ .

El SCN es la suma de los valores netos del capital bruto fijo que aún se encuentra en su vida útil. La fórmula sería:

$$SCN_{t,t} = \sum_{i=0}^{d-1} (I_{t-i} * P_{t-i,t} - \sum_{j=0}^i CCF_{t-j}^{t-i}) \quad (4)$$

donde:

$SCN_{t,t}$  = *stock* de capital neto en el año  $t$  a precios corrientes.



### Un ejemplo de cálculo a través del MIP

Aquí se ilustra la estimación a través del Método de Inventarios Perpetuos retomando un ejemplo simple presentado por Dey-Chowdhury (2008) que muestra cómo se obtienen las estimaciones del SCB, CCF y SCN utilizando un MIP. Lo que se usa como insumo para la estimación son datos de inversión de capital, y se hacen suposiciones sobre la duración de la vida, la función de distribución del retiro de capital y el método de depreciación.

Aquí se presenta una forma simplificada, pero con la misma metodología usada por la ONS (1998) para sus cálculos. El ejemplo asume que solo hay una industria, y la distribución de retiro (o supervivencia) no se considera en el MIP. En la práctica, estas estimaciones se hacen en función de la industria, el sector y el tipo de activo, y se agregan para formar las de toda la economía. Se enfatiza que se dota este caso para que el lector tenga en mente la gran tarea que se tendrá en México cuando se intente valorar la infraestructura; esta tomará años, pero es importante darse cuenta del tamaño del reto, por eso es el ejercicio.

En el ejemplo se hace la suposición de que hay tres activos (A, B y C) que tienen una vida media de 50, 10 y cinco años, respectivamente, y que se realizan las siguientes inversiones únicas:

- 200 mil pesos en el A en el año 1.
- 50 mil pesos en el B en el año 3.
- 10 mil pesos en el C en el año 5.

El *stock* de capital bruto se calcula como la suma de las compras pasadas de activos fijos excluyendo los que ya han llegado al final de su vida útil. Al término del año 10, A y B todavía tienen utilidad económica. El A habrá llegado al final en el 50, mientras que el B ya no es rentable en el 13, 10 años después de haber sido comprado. Para el activo C, dado que se supone que la vida útil es de solo cinco años, ya no se incluye en la estimación del SCB para el año 10, tal como se muestra en el cuadro 2, que correspondería a la ecuación 1 antes citada, aunque aquí no se considera la conversión a precios constantes, como una simplificación.

Para estimar el CCF, se necesita modelar una función de depreciación dentro del MIP. Suponiendo una función de depreciación aritmética, tal como se establece en la ecuación 2, se divide el valor de mercado de la inversión entre los años de vida útil. De esta forma, se calcula que el consumo de capital fijo sería anualmente de 4 mil, 5 mil y 2 mil pesos para los activos A, B y C, respectivamente.

La medida del SCN se obtiene restando las estimaciones del CCF del SCB. Siguiendo la ecuación 4, los cálculos del SCN se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 2

### Stock de capital bruto (miles de pesos)

Año	Valor de mercado del activo A	Valor de mercado del activo B	Valor de mercado del activo C	Valor de mercado total
1	200	0	0	200
2	200	0	0	200
3	200	50	0	250
4	200	50	0	250
5	200	50	10	260
6	200	50	10	260
7	200	50	10	260
8	200	50	10	260
9	200	50	10	260
10	200	50	0	250

Cuadro 3

**Stock de capital neto (miles de pesos) con depreciación aritmética**

Año	Valor de mercado del activo A	Valor de mercado del activo B	Valor de mercado del activo C	Valor de mercado total
1	200	0	0	200
2	196	0	0	196
3	192	50	0	242
4	188	45	0	233
5	184	40	10	234
6	180	35	8	223
7	176	30	6	212
8	172	25	4	201
9	168	20	2	190
10	164	15	0	179

A partir de este ejemplo simple, se puede ir hacia algo más complejo, pero que en algunas ocasiones es necesario considerar, como puede ser en ciertos casos la depreciación geométrica o diferentes funciones de probabilidad de descarte. Estas distintas opciones y modelos se profundizan en Meinen y Verbiest (1998) y Dey-Chowdhury (2008), aunque, en la práctica, el criterio aceptado y más usado por las autoridades de estadística es utilizar depreciación lineal y como función de descarte, la distribución lineal retardada.

Por otra parte, hay dos opciones en Stata que se pueden revisar y permiten ayudar en el cálculo con el MIP: i) STOCKCAPIT implementado por Amadou (2011)<sup>4</sup> y ii) un código desarrollado por Müller (2010), actualizado más recientemente por la misma autora (2017), y que lo comparte en sus publicaciones con ejemplos de Alemania.

<sup>4</sup> STOCKCAPIT calcula el stock de capital físico por el MIP usando *investvar* (variable de inversión) y *gdpvar* (variable de PIB).

**Consideraciones finales**

En este ensayo hemos revisado la importancia que tiene la infraestructura sobre el crecimiento económico, la reducción de la pobreza y la desigualdad de oportunidades. La literatura así lo ha mostrado. No obstante, recientemente ha surgido un debate de si los estudios, sobre todo aquellos realizados entre países, son válidos debido a que se utilizan diferentes conceptos de infraestructura y, más aún, distintos parangones para medirla, así como metodologías para evaluarlas.

Las distintas oficinas de estadística alrededor del mundo así lo han externado: por ejemplo, la de Australia, Canadá, EE. UU., Holanda, Nueva Zelanda, Gran Bretaña, entre muchas otras.

Aquí se intenta atraer la atención de la necesidad de contar con una definición homogénea de infraestructura en nuestro país, así como decantarse por métodos de medición y valuación de esta, con estándares internacionales para facilitar la planeación de las políticas públicas, así como la

medición del impacto. Como se vio, el camino en el mundo ha sido largo y tortuoso, pero comienza a existir un consenso entre las naciones. México debe insertarse en esa discusión, por lo que acá se revisaron los principales elementos para ello.

## Fuentes

- Aaron, Henry. "Discussion of Why Is Infrastructure important?"; en: Munnell, Alicia (ed.). *Is There a Shortfall in Public Capital Investment?* Conference Series No. 34. Federal Reserve Bank in Boston, junio, 1990.
- Agenor, P. R. y Blanca Moreno. *Public Infrastructure and Growth: New Channels and Policy Implication*. Working Paper, WPS4064. World Bank, 2006.
- Amadou, Diallo Ibrahima. *STOCKCAPIT: Stata module to calculate physical capital stock by the perpetual-inventory method*. Statistical Software Components, Boston College Department of Economics, 2011 (DE) <https://ideas.repec.org/c/boc/bocode/s457270.html>.
- Aschauer, David. "Does Public Capital Crowd Out Private Investment?"; en: *Journal of Monetary Economics*. Vol. 24, septiembre, 1989a.
- \_\_\_\_\_. "Is Public Expenditure Productive?"; en: *Journal of Monetary Economics*. Vol. 23, marzo, 1989b.
- \_\_\_\_\_. *Public Investment and Private Sector Growth*. Washington DC, Economic Policy Institute, 1990.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). *De estructuras a servicios: el camino a una mejor infraestructura en América Latina y el Caribe*. Washington DC, 2020.
- Banerjee, Abhijit, Esther Duflo y Nancy Qian. "On the road: Access to transportation infrastructure and economic growth in China"; en: *Journal of Development Economics*. Vol. 145, 2020 (DE) <https://doi.org/ggx63p>.
- Barro, Robert J. "Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth"; en: *Journal of Political Economy*. Vol. 98, Núm. 5, Parte 2, 1990.
- Becerril-Torres, Osvaldo, Inmaculada Álvarez-Ayuso y Laura Del Moral-Barrera. "Do infrastructure influence the convergence of efficiency in México"; en: *Journal of Policy Modeling*. Vol. 32(1), enero, 2010, pp. 120-137.
- Becerril-Torres, Osvaldo, Inmaculada Álvarez-Ayuso, Laura Del Moral-Barrera y Reyna Vergara González. "Productive Infrastructure Indicator by Federative Entities in Mexico, 1970-2003"; en: *Gestión y Política Pública*. Vol. 18(2), 2009, pp. 379-438.
- Berleman, Michael y Jan-Erik Wesselhöft. "Estimating aggregate capital stocks using the perpetual inventory method"; en: *Review of Economics*. 65(1), 2014, pp. 1-34.
- Biehl, D. "The Role of Infrastructure in Regional Development"; en: Vickerman, R. W. *Infrastructure and Regional Development*. Pion, London, 1991.
- Buhr, Walter. "What is infrastructure?"; en: *Volkswirtschaftliche Diskussionsbeiträge*. No. 107, Universität Fachbereich Wirtschaftswiss, 2003, 35 pp.
- Calderón, César y L. Servén. *Infrastructure, Growth, and Inequality An Overview*. Policy Research Working Paper 7034. World Bank, 2014.
- Comisión Europea y Eurostat. *Sistema Europeo de Cuentas 1995*. Oficina de Publicaciones, 1996 (DE) ISSN 0161-8938 [https://doi.org/10.1016/S0161-8938\(02\)00123-0](https://doi.org/10.1016/S0161-8938(02)00123-0) e ISSN 2212-5671 [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00322-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00322-6).
- Costa, J. S., R. Ellison y R. Martin. "Public Capital, Regional Output and Development: Some Empirical Evidence"; en: *Journal of Regional Science*. Vol. 27, agosto, 1987.
- Czernich, Nina, Oliver Falck, Tobias Kretschmer y Ludger Woessmann. "Broadband Infrastructure and Economic Growth"; en: *The Economic Journal*. Vol. 121, mayo, 2011, pp. 505-532 (DE) <https://doi.org/cjx4v3>.
- Deleidi, Matteo & Mariana Mazzucato. "Putting Austerity to Bed: Technical Progress, Aggregate Demand and the Supermultiplier"; en: *Review of Political Economy*. 31(3), 2019, pp. 315-335 (DE) DOI: 10.1080/09538259.2019.1687146.
- Dey-Chowdhury, Sumit. "Methods explained: Perpetual Inventory Method (PIM)"; en: *Economic & Labour Market Review*. 2(9), 2008, pp. 48-52.
- Di Palma, M. et al. Eds. *Infrastrutture e sviluppo. Primi risultati: indicatori quantitativi a confronto (1987-1995)*. Quaderni sul Mezzogiorno e le politiche territoriali. Roma, Confindustria, 1998.
- Eberts, R. y M. Fogarty. *Estimating the Relationship Between Local Public and Private Investment*. Working Paper No. 8703. Federal Reserve Bank of Cleveland, 1987.
- Esfahani, Hadi Salehi y María Teresa Ramírez. "Institutions, infrastructure, and economic growth"; en: *Journal of Development Economics*. Vol. 70, Núm. 2, 2003, pp. 443-477.
- Evans, P. y G. Karras. "Are Government Activities Productive? Evidence from a US States Panel"; en: *Review of Economics and Statistics*. 1992.
- Fernald, John G. "Roads to Prosperity? Assessing the Link between Public Capital and Productivity"; en: *American Economic Review*. Vol. 89, Núm. 3, 1999, pp. 619-638.
- Fontenla, M. y A. Noriega. "Infraestructura pública y crecimiento: el caso mexicano"; en: *El Trimestre Económico*. México, 2006.
- García Mila, T y T. McGuire. "The Contribution of Publicly Provided Inputs to States' Economies"; en: *Regional Science and Urban Economics*. 1992.
- Gardner, Camille y Peter Blair Henry. "The Global Infrastructure Gap: Potential, Perils, and a Framework for Distinction"; en: *Journal of Economic Literature*. Vol. 61, Núm. 4, 2023, pp. 1318-58.
- Grice, Joe. "National Accounting for Infrastructure"; en: *Oxford Review of Economic Policy*. Vol. 32, Núm. 3, 2016, pp. 431-445.
- Guida-Johnson, Nicolas. *Informality and Development: The Role of Transportation Infrastructure in Reducing Self-Employment*. Mimeo. Octubre, 2022 (DE) [https://www.nguidajohnson.com/pdf/jmp\\_guidajohnson.pdf](https://www.nguidajohnson.com/pdf/jmp_guidajohnson.pdf).

- Hansen, N. M. "The structure and determinants of local public investment expenditures", en: *Review of Economics and Statistics*. 2, 1965, pp.150-162.
- Holz Eakin, D. *Private Output, Government Capital and the Infrastructure Crisis*. Discussion Paper Series No. 394. New York, Columbia University, mayo, 1988.
- Holz Eakin, D. y A. Schwartz. *Infrastructure in a Structural Model of Economic Growth*. NBER working papers series No. 4824. Cambridge Mass, 1994.
- Hooper, Emma, Sanjay Peters y Patrick Pintus. *To What Extent Can Long-Term Investment in Infrastructure Reduce Inequality?* Working Paper No. 624. Banque de France, marzo, 2017 (DE) <https://ssrn.com/abstract=2952365> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2952365>.
- Infraestructure Canada. Gobierno de Canadá, 2007 (DE) <https://housing-infrastructure.canada.ca/prog/bcp-pcc-eng.html>.
- Jochimsen, R. *Theorie der Infrastruktur*. Grundlagen der Marktwirtschaftlichen Entwicklung, Tobinga, 1996.
- Jorgenson, Dale. "Fragile Statistical Foundations: The Macroeconomics of Public Infrastructure Investment", en: *Infrastructure Needs and Policy Options for the 1990s*. Washington DC, American Enterprise Institute, febrero, 1991.
- Kamps, Christophe. *The Dynamic Macroeconomic Effects of Public Capital Theory and Evidence for OECD Countries*. Berlin, Heidelberg, Springer, 2004.
- Krugman, Paul. "The Myth of Asia's Miracle", en: *Foreign Affairs*. Vol. 73, Núm. 6, nov.-dic., 1994, pp. 62-78.
- \_\_\_\_\_ "The Role of Geography in Development", en: *International Regional Science Review*. Vol. 22, Núm. 2, 1999. pp.142-161.
- Mas, M., F. Pérez, E. Uriel (dirs.), E. Benages y V. Cucarella. *Capital público en España: evolución y distribución territorial (1900-2012)*. Colección *Informes 2015 Economía y Sociedad*. Bilbao, Fundación BBVA, 2015.
- Meinen, Gerhard y Piet Verbiest. *Perpetual inventory method. Service lives, Discard patterns and Depreciation methods*. Report. CBS Statistics Netherlands, 1998 (DE) [bit.ly/3Xfdr1x](http://bit.ly/3Xfdr1x).
- Müller, Steffen. "Capital stock approximation with the perpetual inventory method: Stata code for the IAB Establishment Panel", en: *FDZ Methodenreport*. 2. Nuremberg, Institut für Arbeitsmarkt-und Berufsforschung, 2010.
- \_\_\_\_\_ "Capital stock approximation with the perpetual inventory method: An update", en: *FDZ-Methodenreport*. 5. 2017.
- Munnell, Alicia. "Why Has Productivity Declined? Productivity and Public Infrastructure", en: *New England Economic Review*. Federal Reserve Bank of Boston, septiembre, 1990.
- \_\_\_\_\_ "Infrastructure Investment and Economic Growth", en: *Journal of Economic Perspectives*. Vol., 6, Núm. 4, 1992.
- Noriega, Antonio. "La infraestructura y el crecimiento económico en México", en: *El Trimestre Económico*. Vol. 74, Núm. 296, 2007, pp. 885-900.
- Office for National Statistics (ONS). *National Accounts Concepts, Sources and Methods*. Report. ONS, 1998 (DE) [bit.ly/3Xgm38c](http://bit.ly/3Xgm38c) y <http://www.ons.gov.uk/ons/rel/naa1-rd/national-accounts-concepts--sources-and-methods/1998-release/index.html>.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). "Measuring Capital", en: *OECD Manual*. Second edition. Report. 2009.
- \_\_\_\_\_ *Capital stocks and fixed capital consumption*. Report. UK, ONS, 2021.
- Palei, Tatyana. "Assessing the Impact of Infrastructure on Economic Growth and Global Competitiveness", en: *Procedia Economics and Finance*. Vol. 23, 2015, pp. 168-175.
- Ramey, Valerie. *The Macroeconomic Consequences of Infrastructure Investment*. NBER Working Paper 27625. julio, 2020.
- Seitz, H. "Infrastructure Investment and Economic Activity: Theoretical Results and International Evidence", en: *Investing Today for the World of Tomorrow*. Berlin, Deutsche Bundesbank, Springer-Verlag, 2001.
- Shoukat, Ayza y Khalil Ahmad. "Impact of physical infrastructure on economic growth: implications for public policy", en: *Governance And Management Review*. Vol. 1, Núm. 1, 2016.
- Statistics Canada. *Methodology for the calculation of depreciation and net residential stock*. Report. 2002.
- Sturm, J. E., G. H. Kuper et al. "Modelling government investment and economic growth on a macro level: a review", en: *CCSO Series No. 29*. 1996.
- Sturm, J. E., J. Jacobs et al. *Productivity impacts of infrastructure investment in the Netherlands 1853-1913*. Research Report 95D3. University of Groningen, Research Institute Systems, Organisations and Management (SOM), 1995.
- Tinbergen, J. *Shaping the World Economy, Suggestions for an International Economic Policy*. New York, The Twentieth Century Fund, 1962.
- Torresi, Gianpiero. "Public infrastructure: definition, classification and measurement issues", en: *Economics, Management, and Financial Markets*. Addleton Academic Publishers, 2009.
- Wang Eric, C. "Public infrastructure and economic growth: a new approach applied to East Asian economies", en: *Journal of Policy Modeling*. Vol. 24, 2002, pp. 411-435.
- Wu, Yanrui. *China's capital stock series by region and sector*. University of Western Australia, Business School, Economics Perth, 2009.

## Colaboran en este número

---

### Julio César Martínez Sánchez

De nacionalidad mexicana. Completó una estancia postdoctoral en el Programa de Ciencias de Datos en El Colegio de México. En el ámbito laboral, es profesor de tiempo completo en la Escuela Nacional de Ciencias Forenses de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); anteriormente, ocupó el cargo de jefe de Evaluación de Encuestas en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores.

**Contacto:** jcmartinez@enacif.unam.mx.

---

### Benjamín de Jesús Quintana Chimal

De nacionalidad mexicana. Cursó la Licenciatura en Actuaría en la Facultad de Economía de la Universidad Autónoma del Estado de México. Se ha desempeñado como analista en industria de consumo masivo abordando temas que influyen en la venta de bienes de consumo, como: precio, portafolio y geografía.

**Contacto:** bjqc96@gmail.com.

---

### Eliud Abraham Gutiérrez Rodríguez

Mexicano. Es ingeniero en ciencias forestales egresado de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Juárez del Estado de Durango y obtuvo la Maestría en Sistemas Ambientales por el Instituto Tecnológico de Durango (ITD). Actualmente, trabaja en la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado de Durango en el área de Sanidad Forestal.

**Contacto:** eliud\_rdgz@hotmail.com.

---

### Félix Alonso Alcázar Medina

Mexicano. Es ingeniero químico por el ITD, maestro en Ciencias en Ingeniería Bioquímica por esa misma casa de estudios y doctor en Ciencias en Biotecnología por el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Unidad Durango. En el ámbito laboral, se desempeña como profesor-investigador en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del ITD. Su experiencia y formación académica robusta respaldan su compromiso con la investigación en biotecnología y la formación de nuevos profesionales en el ámbito científico, contribuyendo al desarrollo académico y científico de la institución.

**Contacto:** felix.alcazar@hotmail.com.

---

**María Teresa Alarcón Herrera**

Mexicana. Es ingeniera química por el ITD, maestra en ingeniería por la UNAM y doctora en ingeniería ambiental por la Universidad de Windsor, Canadá; asimismo, tiene una especialización en tratamiento de agua cursada en el Instituto de Ciencias Aplicadas de Toulouse, Francia, y en la Universidad de Hannover, Alemania. Se desempeña como profesora y botánica del Centro de Investigaciones de Materiales Avanzados, S. C. (CIMAV), Centro Público CONAHCYT, y desarrolla actividades académicas en el Laboratorio de Energías Renovables y Protección del Ambiente.

**Contacto:** [teresa.alarcon@cimav.edu.mx](mailto:teresa.alarcon@cimav.edu.mx).

---

**María Dolores Josefina Rodríguez Rosales**

Mexicana. Es ingeniera química industrial por el ITD y obtuvo la Maestría en Ingeniería en la misma institución. Trabaja como profesora-investigadora en esa casa de estudios. Su sólida formación académica y amplia experiencia respaldan su dedicación a la investigación y capacitación de nuevos profesionales en el campo científico, apoyando al avance académico y científico de la institución.

**Contacto:** [mdjoserr@itdurango.edu.mx](mailto:mdjoserr@itdurango.edu.mx).

---

**Clara Luz Álvarez**

Mexicana. Es doctora en Derecho por la Universidad Panamericana (UP) y maestra en Derecho Comparado por la New York University. En el ámbito laboral, se desempeña como investigadora titular D de la UP. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores con nivel III.

**Contacto:** [calvarezg@up.edu.mx](mailto:calvarezg@up.edu.mx).

---

**Fausto Hernández Trillo**

Mexicano. Es doctor por la Universidad del Estado de Ohio. Actualmente, es profesor titular de la División de Economía del Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE) y consejero independiente de la Junta de Gobierno del Servicio de Administración Tributaria. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores con nivel 3. Ha publicado extensamente en revistas de prestigio internacional, así como 11 libros.

**Contacto:** [fausto.hernandez@cide.edu](mailto:fausto.hernandez@cide.edu).

---

**Juan Carlos Moreno Brid**

Mexicano. Estudió la Licenciatura en Matemáticas en la UNAM, cuenta con la Maestría en Economía por el CIDE y es *PhD* por Cambridge. En el ámbito laboral, es profesor en la Facultad de Economía de la UNAM y fue coordinador de Investigación y director adjunto de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe en México, así como investigador del Rockefeller Center for Latin American Studies, Harvard. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores

con nivel 3. Cuenta con múltiples publicaciones académicas. Es Cofundador de la World Economic Association, presidente del Centro de Investigación Económica y Presupuestaria y miembro del Consejo del Instituto para el Desarrollo Industrial y del Grupo Nuevo Curso de Desarrollo (UNAM).

**Contacto:** [mbrid@economia.unam.mx](mailto:mbrid@economia.unam.mx).

---

**Enrique Provencio Durazo**

Mexicano. Maestro en Economía por la Facultad de Economía de la UNAM. Es director e investigador del Programa Universitario de Estudios del Desarrollo (PUED) de la UNAM y profesor en la especialización de Economía Ambiental y Ecológica, así como en la de Desarrollo Social, del Posgrado de Economía de esa casa de estudios. Ha sido instructor y coordinador en programas de formación profesional relacionados con el desarrollo sustentable.

**Contacto:** [enpro56@gmail.com](mailto:enpro56@gmail.com).

## Política y lineamientos editoriales

REALIDAD, DATOS Y ESPACIO REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA es una publicación cuatrimestral que sirve de enlace entre la generación de la información estadística y geográfica oficial y la investigación académica para compartir el conocimiento entre especialistas e instituciones con propósitos similares.

Solo se aceptarán trabajos inéditos y originales relacionados con la situación actual del uso y aplicación de la información estadística y geográfica a nivel nacional e internacional.

Es una revista técnico-científica, bilingüe, cuyos trabajos son arbitrados por pares (especialistas), bajo la metodología doble ciego, con los siguientes criterios de evaluación: trabajos inéditos, originalidad, actualidad y oportunidad de la información, claridad en la definición de propósitos e ideas planteadas, cobertura de los objetivos definidos, estructura metodológica adecuada y congruencia entre la información contenida en el trabajo y las conclusiones.

### Registros

- LATINDEX Catálogo 2.0 (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal).
- CLASE (Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades).
- BIBLAT (Bibliografía Latinoamericana en Revistas de Investigación Científica y Social).

### Lineamientos para publicar

Se publicarán trabajos en español e inglés: artículos de investigación, revisión y divulgación; ensayos; metodologías; informes técnicos; comunicaciones cortas; reseñas de libros; revisiones bibliográficas y estadísticas; entre otros.

Para que el trabajo sea sometido a dictaminación, es necesario que se reciban todos los elementos solicitados.

1. Una carta dirigida al editor responsable de REALIDAD, DATOS Y ESPACIO REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, en la que se proponga el texto para su publicación; que se declare que es inédito (la Revista se reserva el derecho de verificar la originalidad de los trabajos con un software de similitud) y que no ha sido postulado de manera paralela en otro medio (incluir datos completos del(de los) autor(es), institución(es) de adscripción y cargo(s) que ocupa(n), domicilio(s), correo(s) electrónico(s) y teléfono(s)). Esta debe dirigirse a la atención de la M. en C. Virginia Abrin Batule, virginia.abrin@inegi.org.mx (tel. 55 5278 10 00, ext. 1069).
2. Título del trabajo (en español e inglés o viceversa); resúmenes de este en ambos idiomas (que no excedan de 10 renglones); palabras clave en español e inglés (mínimo tres, máximo cinco, separadas por punto y coma); bibliografía u otras fuentes.
3. Breve(s) semblanza(s) del(de los) autor(es) que no exceda(n) de un párrafo de cinco renglones y que incluya(n) nacionalidad(es), grado(s) académico(s) y su(s) institución(es); principal(es) experiencia(s) profesional(es); adscripción(es) laboral(es) actual(es); y dirección(es) electrónica(s) de contacto.
4. Los artículos publicados en REALIDAD, DATOS Y ESPACIO REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA se distribuyen bajo una licencia CC BY-NC-4.0, por lo cual es libre de compartir: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato; así como adaptar: remezclar, transformar y construir a partir del material. Por ello, el(los) autor(es) deberá(n) remitir la autorización de uso de obra debidamente requisitada y firmada.
5. El trabajo se debe presentar en formato *Word* o compatible, con: a) extensión no mayor de 25 cuartillas incluyendo cuadros, gráficas, bibliografía y fotos; b) tipografía Helvética, Arial o Times en 12 puntos; y c) interlineado de 1.5. El material adicional al texto se requiere por separado: a) las imágenes, con resolución de 300 ppp y un tamaño no menor a 17 centímetros de base (ancho) en formato JPG o TIF —no remuestrear (ampliar) imágenes de menor resolución—; si son líneas o mapas, deben entregarse en formato vectorial (EPS o Ai), y en caso de incluirse imágenes en mapa de bits, incrustarlas o enviarlas con el nombre con el cual se creó el vínculo (conservando los requerimientos de resolución y tamaño estipulados); para fotografías, estas no deben ser menores a 5 megapíxeles; b) las fórmulas o expresiones matemáticas tienen que elaborarse con el editor de ecuaciones propio de *Microsoft*; c) las gráficas, que incluyan el archivo en *Excel* con el cual se desarrollaron o, en su defecto, la imagen JPG legible, de origen, en alta resolución; y d) los cuadros, que sean editables, no se deben insertar como imagen. En todos los casos, incluir en la entrega un PDF testigo en el cual figuren exactamente dónde deben incluirse estos elementos.
6. De acuerdo con el formato de citación APA, las referencias bibliográficas deberán presentarse al final del artículo de la siguiente manera: nombre(s) del(de los) autor(es) comenzando por el(los) apellido(s); título de la publicación con cursivas (si se trata de un artículo, debe estar entrecomillado, seguido de coma y la preposición en con dos puntos y, enseguida, el título de la revista donde apareció publicado, con cursivas); país de origen; editorial; lugar y año de edición; página(s) consultada(s). En el caso de las fuentes electrónicas (páginas web), se debe seguir el mismo orden que en las bibliográficas, pero al final se pondrá entre paréntesis DE (dirección electrónica), la fecha de consulta y la liga corta, que esté verificada y activa. Se tienen que omitir aquellas que se mencionen como notas a pie de página. Si se aplica la opción de incluir en cuerpo de texto la referencia de nombre de autor y año de la fuente consultada entre paréntesis, si deben aparecer todas las referencias mencionadas.

Una vez cumplidos estos requisitos, la coordinación editorial enviará el trabajo a un grupo de expertos en el tema, quienes recomendarán o no su publicación.

El resultado del proceso de dictaminación se comunicará por correo electrónico, contemplando tres variantes: publicable con cambios menores, publicable con cambios mayores, y rechazado. El trabajo será publicado si, al menos, tiene dos dictámenes que así lo indiquen y después de que atienda las observaciones de los evaluadores; el trabajo no será publicado si dos evaluadores lo rechazan (la decisión final de su publicación es de la coordinación editorial de la Revista). Tras recibir el total de los dictámenes, se sugiere que el(los) autor(es) envíe(n) la nueva versión en un plazo no mayor a seis semanas.

Página electrónica: <http://rde.inegi.org.mx>.

## Editorial Guidelines and Policy

REALITY, DATA AND SPACE INTERNATIONAL JOURNAL OF STATISTICS AND GEOGRAPHY is a quarterly publication that serves as a link between the generation of official statistical and geographic information and academic research to share knowledge among specialists and institutions with similar purposes.

Only unpublished and original papers related to the current situation of the use and application of statistical and geographic information at national and international level will be accepted.

It is a technical-scientific, bilingual journal, whose papers are peer-reviewed, under the double-blind methodology, with the following evaluation criteria: unpublished papers, originality, relevance and timeliness of the information, clarity in the definition of purposes and ideas proposed, coverage of the defined objectives, adequate methodological structure and consistency between the information contained in the paper and the conclusions.

### Registrations

- LATINDEX Catálogo 2.0 (Regional Online Information System for Scientific Journals of Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal).
- CLASE (Latin American Citations in Social Sciences and Humanities).
- BIBLAT (Latin American Bibliography of Scientific and Social Research Journals).

### Publishing Guidelines

Papers will be published in Spanish and English: research, review and dissemination articles; essays; methodologies; technical reports; short communications; book reviews; bibliographic and statistical reviews; among others.

For the work to be submitted for review, it is necessary to receive all requested elements:

1. A letter addressed to the editor in charge of REALIDAD, DATOS Y ESPACIO REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, proposing the text for publication; stating that it is unpublished and that it has not been submitted simultaneously in another medium (include complete data of the author(s), institution(s) of assignment and position(s) held, address(es), e-mail(s) and telephone number(s)). This should be addressed to M.Sc. Virginia Abrin Batule, virginia.abrin@inegi.org.mx (tel. 55 5278 10 00, ext. 1161).
2. Title of the paper (in Spanish and English); abstracts in both languages (not exceeding 10 lines); keywords in Spanish and English (minimum three, maximum five, separated by semicolons); bibliography or other sources.
3. Brief biographical sketch(es) of the author(s), not to exceed one paragraph of five lines, including nationality, academic degree(s) and institutions; main professional experience(s); current job assignment(s); and contact e-mail address(es).
4. The articles published in REALITY, DATA AND SPACE INTERNATIONAL JOURNAL OF STATISTICS AND GEOGRAPHY are distributed under a CC BY-NC-4.0 license, so it is free to share, copy, and redistribute the material in any medium or format, as well as adapt: remix, transform and build from the material. Therefore, the authors must submit the authorization of use of the work duly completed and signed by each of them.
5. The work must be presented in Word or compatible format with: a) no more than 25 pages including tables, graphs, bibliography and photos; b) Helvetica, Arial or Times font in 12 points; and c) 1.5 line spacing. Additional material to the text is required separately: a) images, with a resolution of 300 dpi and a size of no less than 17 centimeters base (width) in JPG or TIF format -do not resample (enlarge) images of lower resolution-; if they are lines or maps, they must be delivered in vector format (EPS or Ai), and in case bitmap images are included, embed them or send them with the name with which the link was created (keeping the resolution and size requirements stipulated); for photographs, these must not be smaller than 5 megapixels; b) formulas or mathematical expressions must be elaborated with *Microsoft*'s own equation editor, but in case of using third party software; c) graphs must include the Excel file with which they were developed or, failing that, the legible JPG image, in high resolution; and d) tables, which are editable, must not be inserted as an image. In all cases, include in the submission a witness PDF showing exactly where these elements should be included.
6. According to the APA citation format, bibliographical references should be presented at the end of the article as follows: name(s) of the author(s) beginning with the last name(s); title of the publication in italics (if it is an article, it should be in quotation marks, followed by a comma and the preposition "in" with a colon, and then the title of the journal where it was published, in italics); country of origin; publisher; place and year of publication; page(s) consulted. In the case of electronic sources (web pages), the same order should be followed as in the bibliographic sources, but at the end, EA (electronic address), the date of consultation and the short link, which is verified and active, should be placed in parentheses. Those mentioned as footnotes should be omitted. If the option to include in the body of the text the reference of the author's name and year of the source consulted in parentheses is applied, all the references mentioned must appear.

Once these requirements have been met, the editorial coordination will send the work to a group of experts on the subject, who will recommend or not its publication.

The result of the review process will be communicated by e-mail, contemplating three variants: publishable with minor changes, publishable with major changes, or rejected. The work will be published if it has at least two opinions indicating this and after the observations of the evaluators have been addressed; the work will not be published if it is rejected by two evaluators. After receiving all assessments, we encourage the author to submit the new version within a term no longer than six weeks.

Electronic page: <http://rde.inegi.org.mx>



