

Uso de variables latentes multinivel para estudios de población .

Cecilia Beatriz Díaz.

Cita:

Cecilia Beatriz Díaz (2015). *Uso de variables latentes multinivel para estudios de población. XIII Jornadas Argentinas de Estudios de Población. Asociación de Estudios de Población de la Argentina, Salta.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/xiiijornadasaepa/46>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/e7Bo/you2>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.
Para ver una copia de esta licencia, visite
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>.

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.

XII Jornadas Argentinas de Estudios de Población
Salta, 16-18 de septiembre de 2015

Uso de variables latentes multinivel para estudios de población

Cecilia Beatriz Díaz, Universidad Nacional de Córdoba, cdiaz@eco.uncor.edu

Resumen

La diversidad de factores geográficos que se observan en la provincia de Córdoba, como el suelo, el clima, los recursos hídricos, etc., han contribuido en la generación de una importante diferenciación socio-económica entre las distintas regiones.

La desigualdad también alcanza a las posibilidades que existen para acceder a la información, al conocimiento y la educación mediante las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs). Este fenómeno se conoce como *brecha digital*.

El objetivo de este trabajo es demostrar que las TICs aparecen como una importante herramienta para alcanzar muchos de los objetivos más valorados de la sociedad: mejorar la calidad de vida de los individuos, poner el conocimiento al alcance de cualquier ciudadano, reducir el tiempo y la distancia, entre otras oportunidades que pueden ser facilitadas y potenciadas por la tecnología. De esta manera, el desarrollo tecnológico y el desarrollo socioeconómico se refuerzan mutuamente, lo que lleva a la formación de círculos virtuosos/viciosos (PNUD, 2001). Se plantea un *modelo confirmatorio*.

El análisis factorial confirmatorio permite identificar los indicadores que más aportan a la conformación conjunta de las variables latentes. El modelo planteado es de alta complejidad, de factores comunes multinivel de agregación en el contexto de los GLLAMMs (Skrondal and Rabe-Hesketh, 2004).

Un modelo de factor a un nivel no es el apropiado en este trabajo donde las pedanías están *anidadas* en departamentos. Por esta razón se usa un modelo de factor a tres niveles, siendo las pedanías el nivel 2 y los departamentos el nivel 3, con dos variables latentes en cada uno.

Los resultados, tanto para los factores de cargas como para las asociaciones o correlaciones, fueron suficientemente precisos y alentadores, ya que se identificaron los indicadores que más aportan a la conformación conjunta de las variables latentes.

Introducción

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) han sido definidas como sistemas tecnológicos mediante los que se recibe, manipula y procesa información, y que facilitan la comunicación entre dos o más interlocutores (CEPAL, 2003a). Las TICs se han involucrado cada vez en más facetas de la vida social; desde las *comunicaciones* (mail, telefonía móvil), pasando por el *entretenimiento* (Internet), el *comercio* (e-commerce), la *banca* (homebanking), el *trabajo* (teletrabajo), llegando a la *educación* (e-learning), entre tantos otros.

La utilización de TICs conduce necesariamente al proceso de digitalización, mediante el cual se codifican textos, sonidos, voz, imágenes o video en dígitos binarios, permitiendo recibir y manipular la información, y también comunicarla (CEPAL, 2003a).

La Sociedad de la Información y la Sociedad del Conocimiento son una consecuencia directa de este desarrollo tecnológico. En la Declaración de Bávoro de la Conferencia Ministerial Regional preparatoria de América Latina y el Caribe para la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información convocada por Naciones Unidas (CMSI, 2003), los países representados, definieron la sociedad de la información como *un sistema económico y social donde el conocimiento y la información constituyen fuentes fundamentales de bienestar y progreso, que representa una oportunidad para los países y sociedades.*

Por su parte, los países participantes en dicha Primera Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información (CMSI, Ginebra 2003) declararon su compromiso de *construir una Sociedad de la Información centrada en la persona, integradora y orientada al desarrollo, en que todos puedan crear, consultar, utilizar y compartir la información y el conocimiento, para que las personas, las comunidades y los pueblos puedan emplear plenamente sus posibilidades en la promoción de su desarrollo sostenible y en la mejora de su calidad de vida.* En el manifiesto reconocen que, en la actualidad, las ventajas de la revolución de la tecnología de la información están desigualmente distribuidas entre los países desarrollados y en desarrollo, así como dentro de las sociedades, y se comprometen a convertir la “brecha digital” en una oportunidad digital para todos. Este compromiso fue reafirmado por la Segunda Cumbre Mundial (CMSI, 2005).

Si bien las TICs son un instrumento para mejorar el bienestar y la calidad de vida, no están exentas de inconvenientes ya que pueden ser causa de una nueva forma de exclusión social, no acceder y, principalmente, no utilizar todo el potencial disponible

de las computadoras, Internet, o cualquiera de las TICs, no es sólo un problema económico, sino también cultural y social.

En este trabajo interesa investigar la brecha digital y su relación con el nivel socioeconómico de la población en una jurisdicción específica de la República Argentina, la Provincia de Córdoba.

Si bien la difusión de las TICs y la brecha digital han sido estudiadas comparando países con diferente grado de desarrollo, es poco lo que se ha estudiado acerca de este fenómeno en el interior de un país, de una región, o de jurisdicciones más pequeñas, dilucidando los factores o determinantes que contribuyen a su profundización.

Marco Teórico: Relación “desarrollo tecnológico” vs. “desarrollo de la sociedad”

El crecimiento económico crea oportunidades para que se creen y difundan innovaciones útiles.

“Las innovaciones tecnológicas afectan doblemente el desarrollo de la sociedad. En primer lugar, elevan de modo directo las capacidades humanas, ya que muchos productos y servicios, como por ejemplo, plantas resistentes a las sequías para los agricultores que viven en climas inestables, las vacunas para enfermedades contagiosas, fuentes de energía no contaminantes, acceso a la información a través de las comunicaciones o de Internet, mejoran directamente la salud, la nutrición, los conocimientos y los niveles de vida de las personas y aumentan las posibilidades de participar más activamente en la vida social, económica y política de las comunidad.

En segundo lugar, las innovaciones tecnológicas constituyen un medio para lograr el desarrollo humano debido a las repercusiones en el crecimiento económico gracias al aumento de la productividad que generan. Elevan los rendimientos agrícolas de los campesinos, aumenta la producción de los obreros, mejora la eficiencia de los prestadores de servicios, crean nuevas actividades o industrias (como el sector de las TICs) que contribuyen al crecimiento y a la creación de empleo.

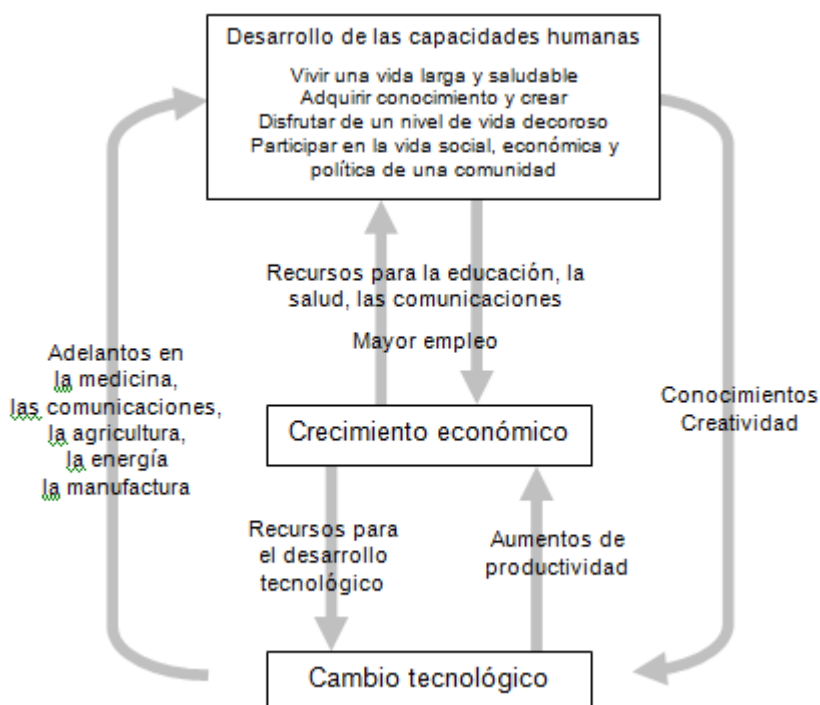
Pero, al mismo tiempo, el desarrollo humano y económico es un medio importante para alcanzar el desarrollo tecnológico. Una población saludable, educada y socialmente integrada favorece el crecimiento económico y el cambio tecnológico. En este sentido, se puede afirmar que las innovaciones tecnológicas son una expresión de las potencialidades humanas.

Mientras más elevados sean los niveles de educación, mayor será el esfuerzo por crear y difundir tecnología. Más científicos podrán dedicarse a la investigación y el

desarrollo, y más personas de mayor nivel de educación podrán aprender, dominar y aplicar las nuevas tecnologías con mayor facilidad y eficacia. Los países que logren alfabetizar a sus ciudadanos bajo estos estándares, podrán capitalizar los frutos de la economía del conocimiento, aumentarán la riqueza, y mejorarán la distribución de la misma.

De esta manera, el desarrollo tecnológico y el desarrollo socioeconómico se refuerzan mutuamente, lo que lleva a la formación de círculos virtuosos/viciosos” (PNUD, 2001).

Figura N°1: La tecnología es un beneficio y un instrumento del crecimiento y el desarrollo de la sociedad



Fuente: Elaboración propia en base a "Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano" PNUD, 2001

A modo de síntesis, la London Royal Society puntualiza la manera en que una sociedad puede convertirse exitosamente en una sociedad basada en el conocimiento, conceptualizándola como "la capacidad de la sociedad en general para utilizar el conocimiento generado, y aumentar así la demanda interna de su uso, en un circuito virtuoso que es el paso crucial tanto para el mantenimiento del avance económico cuanto para el bienestar general de la sociedad". (London Royal Society, 1985, The Public Understanding of Science)

Hipótesis y Diseño de la investigación

El **objetivo general** de esta investigación es estudiar temas relacionados con la población, como es la brecha digital, entendida como la disparidad en el acceso, uso y aprovechamiento de las TICs, y analizar su relación con aspectos sociales y económicos. En particular, se focalizará el análisis al interior de una región de un país, la provincia de Córdoba (Argentina) con el fin de identificar los factores o determinantes sociales y económicos que contribuyen a su profundización.

La hipótesis que se propone la investigación se la expresa de la siguiente manera:

En la Provincia de Córdoba, hay asociación entre el nivel socioeconómico de la región y la magnitud de la brecha digital

Operacionalización de los conceptos Brecha Digital y Desarrollo Socioeconómico

En este apartado se describe la forma en que se van a medir dichas variables.

El estudio de la brecha digital se aborda considerando dos aspectos: por un lado el acceso a la tecnología por parte de los ciudadanos de un determinado país, y por otro las capacidades o nivel de conocimiento que ellos tienen para poder utilizar y aprovechar todas sus potencialidades.

La CEPAL en su publicación “Indicadores clave de las tecnologías de la información y de las comunicaciones. Partnership para la Medición de las TIC para el desarrollo” (CEPAL, 2005c) señala que los principales participantes en una sociedad son los siguientes:

Hogares: Las personas en el ámbito del hogar hacen uso de las tecnologías para ocio, entretenimiento, estudio o formación, y trabajo fuera del ambiente laboral.

Empresas: entidades lucrativas y asociaciones independientes sin ánimo de lucro que aplican procedimientos de gestión empresarial en su organización y funcionamiento.

Administraciones públicas: Organizaciones cuyo objetivo es el servicio al ciudadano y la administración de bienes públicos.

Además, las escuelas o instituciones escolares también fueron consideradas en el estudio de la difusión de las TICs, ya que en ellas se imparten conocimientos de forma organizada, progresiva y sistematizada a niños y jóvenes. (ver Tabla N° 1).

Con el objetivo de medir el uso y aprovechamiento de las potencialidades de las TICs, se tiene en cuenta el concepto de Capital Humano, entendido como la suma de habilidades innatas, y del conocimiento y destrezas que los individuos adquieren y desarrollan a lo largo de su vida (Laroche, Merette y y Ruggeri, 1999). Es decir, que el

capital humano adquirido se irá construyendo a lo largo de la vida de los sujetos, y comprende la educación formal e informal recibida y la experiencia acumulada (Giménez, 2005¹).

Tabla N° 1: Indicadores para medir el acceso a las TICs

Bloque Conceptual	Indicador
Hogares	Porcentaje de hogares con computadora
	Porcentaje de hogares con computadora y acceso a Internet
Empresas del sector industrial	Porcentaje promedio de los recursos invertidos en actividades de innovación como porcentaje de la facturación del año 2003
	Porcentaje de empresas cuyos servicios de software e informática son provistos internamente, por agentes externos o en forma mixta.
	Porcentaje de empresas que califican de "Bueno" a los servicios informáticos.
Sector gobierno	Porcentaje de municipios con correo electrónico
	Porcentaje de municipios con sitio web en la etapa de presencia
	Porcentaje de municipios con sitio web en la etapa de información
	Porcentaje de municipios con sitio web en la etapa de interacción
Sector educativo s/ el sector público o privado	Cantidad de alumnos por computadora utilizada con fines pedagógicos ⁽¹⁾
	Porcentaje de escuelas con conexión a Internet

Nota:

(1) Total de alumnos matriculados respecto de la cantidad de equipos disponibles en los establecimientos educativos

En la Tabla N° 2 se detallan los indicadores del nivel de conocimiento para el uso de las TICs, medidos a través de la instrucción alcanzada. Desafortunadamente no hay indicadores en la provincia que midan la calidad de la educación en ningún nivel.

Tabla N° 2: Indicadores para medir el conocimiento y uso de las TICs

Bloque Conceptual	Indicador
Nivel educacional	Porcentaje de población que alcanzó el nivel secundario completo u otro nivel mayor de formación ⁽¹⁾

Nota:

Incluye nivel secundario completo, terciario o universitario incompleto y terciario o universitario completo

Respecto al nivel socioeconómico no hay una única forma de medirlo (Ver Tabla N°3). Por un lado, la importancia de la actividad económica de un país se mide, en todo el mundo, mediante el Producto Interno Bruto (PIB), que representa el valor de los bienes y servicios finales producidos en un país en un período de tiempo determinado. El Producto Geográfico Bruto (PGB) es el equivalente provincial de ese indicador macroeconómico.

¹ La dotación del capital humano en América Latina y el Caribe. Revista de la CEPAL 86, agosto 2005. Gregorio Giménez, profesor de economía de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Zaragoza, España.

También debe tenerse en cuenta el desarrollo socioeconómico de la población. Susana Torrado² en su libro *Estructura Social Regional de la Argentina -1980,2000- (1998)* realiza un listado de las distintas dimensiones de la estructura social. No hay posibilidades de cohesión social sin una base económica y oportunidades de generación de ingresos a las personas.

Los indicadores básicos de salud varían entre países, pero también al interior de los mismos según nivel socioeconómico, lugar de residencia y nivel de instrucción de la madre. En este sentido, la cobertura sanitaria a través de las obras sociales, la medicina prepaga y del servicio de emergencia médica contribuye positivamente en el mejoramiento de aptitudes de tipo físicas de los individuos, y poseerla o no tiene fundamental importancia.

El régimen de tenencia de la vivienda, disponer de teléfono fijo y del servicio de televisión por cable, muestran la posibilidad económica para hacer frente a dicha inversión o gastos.

Por último, la medición del nivel económico puede realizarse a través del indicador de la pobreza por el método de “Necesidades Básicas Insatisfechas” (NBI) que expresa distintos grados de privación en los hogares.³

Tabla Nº 3: Indicadores para medir el nivel socioeconómico

Bloque Conceptual	Indicador
Actividad económica	PGB per cápita de la Provincia, a precios corrientes de productor, para el año 2003
Medición del bienestar	Porcentaje de hogares que “no es NBI”
	Porcentaje de hogares propietarios de la vivienda
	Porcentaje de hogares con televisión por cable
	Porcentaje de hogares con teléfono fijo
Estructura ocupacional	Porcentaje de la población ocupada de 14 o más años según su categoría en el trabajo, empleados u obreros del sector público o privado
Condiciones de salud	Porcentaje de población que tiene obra social o plan médico y/o servicio de emergencia médica

Nota: Se trata de indicadores, que de acuerdo a la teoría, deberían contribuir a medir el nivel socioeconómico.

² Licenciada en Sociología (UBA), Magister y Doctora en Demografía (Universidad de París). En la actualidad revista como Investigadora Superior del CONICET y como Profesora Titular Consulta de la cátedra Demografía Social (Facultad de Ciencias Sociales, UBA).

³ Indicadores NBI: 1) referidos al tipo de vivienda; 2) al hacinamiento por cuarto; 3) las características de los servicios sanitarios; 4) capacidad de subsistencia del hogar; y 5) niños en edad escolar que no asisten a la escuela. Si en un hogar se presenta al menos una de estas características, se considera que es un “hogar NBI”.


Información utilizada: Fuentes, características y limitaciones

La provincia de Córdoba se divide en 26 departamentos y las pedanías son subdivisiones de los departamentos, que en general, coinciden con las fracciones censales definidas por la Dirección de Estadística, para los operativos de barrido territorial, como son los censos. Estas áreas carecen de órganos de gobierno y su función es principalmente catastral.

Se adoptó el criterio de utilizar el último dato disponible para cada variable, por lo que los períodos de referencia son diferentes. Esto implicó un trabajo previo de normalización de las diferentes tablas de datos. A continuación se enumeran cada una de ellas:

- 1) Hogares a través del Censo de Población y Viviendas del año 2001. Este operativo incorporó preguntas referidas a equipamiento en el hogar. En particular las referidas a TICs en el hogar, si tiene PC y si tiene conexión a Internet.
- 2) Empresas: la fuente de datos utilizada fue la información de la “Encuesta sobre Aspectos Globales y Sectoriales de las Actividades Industriales que se Desarrollan en la Provincia de Córdoba”, realizada por convenio firmado entre la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba y la Unión Industrial de Córdoba (UIC). El trabajo de campo se realizó en agosto de 2006. La información estaba referida a nivel de departamento, y no fue posible desagregarla a nivel de pedanía.
- 3) Sector público: Se midió el avance en el gobierno electrónico de los municipios de la provincia, clasificándolos según la sistematización realizada por Esteves (2006). También si disponían de una dirección de correo electrónico.

Tabla Nº 4: Modelo de desarrollo de e-servicios municipales

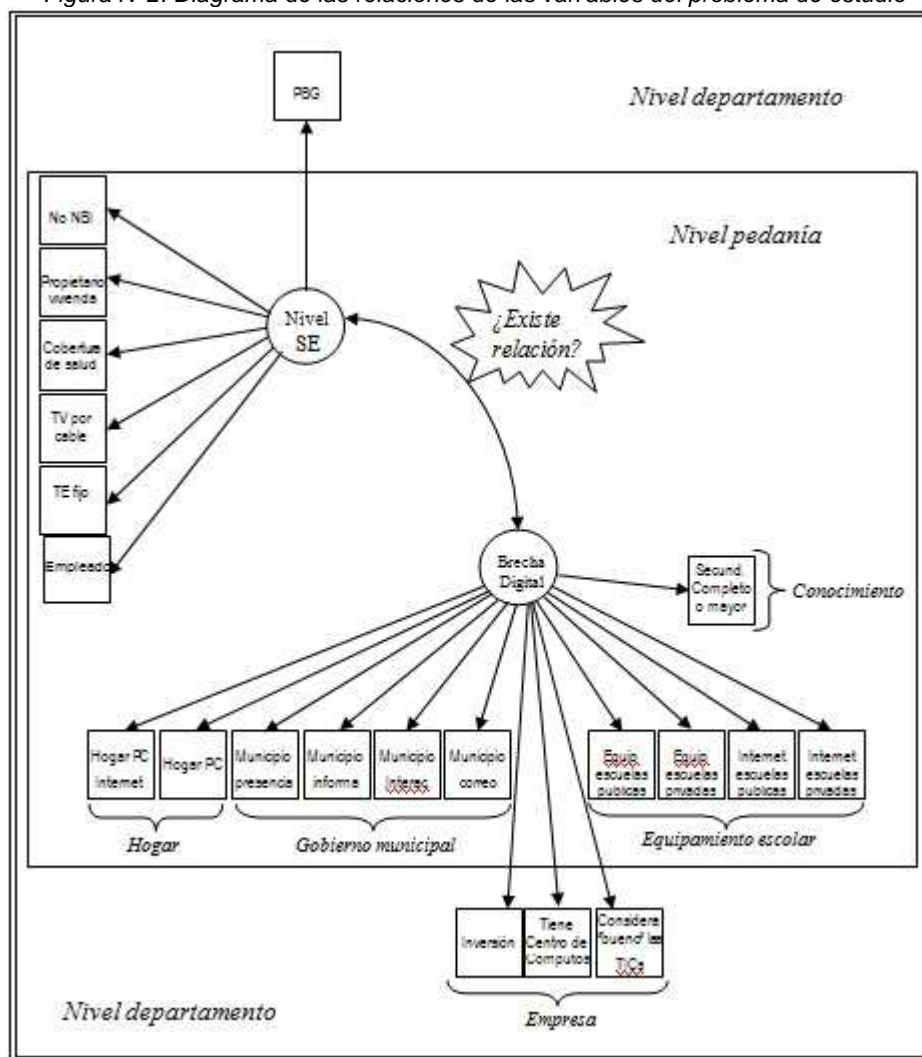
Incremento del nivel de complejidad 	e-democracia	Participación ciudadana
	Transacción	Móvil Trámites online Seguimiento Certificado digital Carpeta ciudadana Pagos por red Personalización
	Interacción	Correo electrónico Número de teléfono
	Información urbana	Mapa de la ciudad Transportes Formularios e instructivos
	Presencia	Boletín municipal Buscador Mapa web
	Dimensión	e-servicios municipales

Si bien Esteves contempla una quinta categoría, e-democracia, fue descartada debido a que se encontraron muy pocos casos con este atributo.

- 4) Sector Educación: La fuente de información para estudiar el equipamiento informático en las escuelas de la Provincia es una base de datos resultado de un relevamiento realizado por el Ministerio de Educación del Gobierno de la Provincia de Córdoba en el año 2009.

Dado que el desarrollo tecnológico será relacionado con el nivel socioeconómico, para este último se utilizaron los datos de las “Bases Usuaris” del Censo de Población y Vivienda de 2001 y la valoración del Producto Geográfico Bruto (PGB) que publica la Dirección de Estadística en la página oficial del Gobierno de la Provincia de Córdoba⁴. Este último está calculado a nivel de departamento.

Figura N°2: Diagrama de las relaciones de las variables del problema de estudio



⁴ <http://www.cba.gov.ar> Consultado el 31/10/2011

Descripción del método estadístico

Modelo de factor común confirmatorio

Existen características o conceptos muy elaborados, utilizados en las ciencias sociales y otras disciplinas afines, que no son directamente observables y necesitan del apoyo de medidas indirectas o indicadores para su medición. Un concepto no observable, también se denomina constructo hipotético o variable latente (Skronidal and Rabe-Hesketh, 2004). Entre los procedimientos o técnicas estadísticas utilizadas para la contrastación de la validez de un constructo se destaca el Análisis Factorial Confirmatorio.

El nivel socioeconómico y la brecha digital constituyen variables que no pueden medirse directamente sino que se hace a través de otros indicadores. Ambos conceptos constituyen lo que se denomina *constructo hipotético*, es decir, que pueden ser definidos operacionalmente en términos de un número de *ítems* o *indicadores indirectos*. Los constructos son también denominados factores comunes o variables latentes.

En este trabajo se usó un modelo factorial multinivel, que consiste en un caso particular de los modelos lineales generalizados latentes y mixtos (GLLMM, Skronidal and Rabe-Hesketh 2004). GLLMMs son una extensión de modelos lineales generalizados que pueden ser usados para variables latentes, modelos multinivel y modelos mixtos.

Las variables latentes pueden ser factores comunes o efectos aleatorios y tener una distribución discreta o una normal multivariante. El método de estimación de GLLMM es el de máxima verosimilitud, usando efectos aleatorios Gaussianos.

En este marco, modelos de factor multidimensional son apropiados para modelar constructos hipotéticos, que comprenden varios aspectos relacionados. Un constructo, simbolizado por η , se define operacionalmente en términos de un número de ítems o indicadores indirectos, $\mathbf{y} = (y_1, y_2, \dots, y_I)$, donde I indica el total de ítems.

Un modelo de factor M-dimensional con dos niveles (asignando el nivel 1 a los indicadores) puede ser formulado como:

$$\mathbf{y}_j = \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\Lambda}_y \boldsymbol{\eta}_j + \boldsymbol{\varepsilon}_j,$$

Donde $\boldsymbol{\beta}$ es un vector de ordenadas, $\boldsymbol{\eta}_j$ un vector de m factores comunes, $\boldsymbol{\Lambda}_y$ una matriz de vectores de carga $I \times M$, $\boldsymbol{\varepsilon}_j$ un vector de factores únicos. Además:

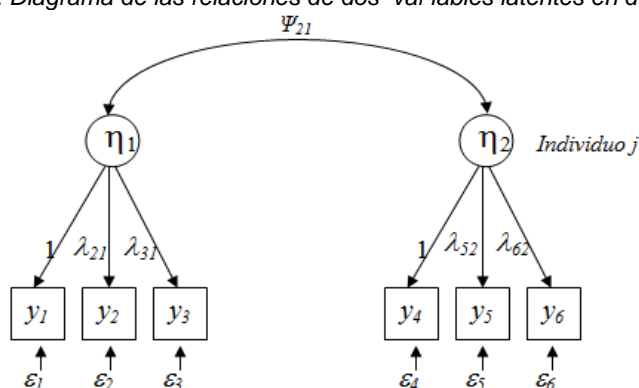
$$E(\boldsymbol{\eta}_j) = 0 \quad \text{var}(\boldsymbol{\eta}_j) = \boldsymbol{\Psi} \quad \text{var}(\boldsymbol{\varepsilon}_j) = \boldsymbol{\Theta}$$

La matriz de covarianza de las respuestas es:

$$\text{cov}(\mathbf{y}_j) = \boldsymbol{\Sigma} = \boldsymbol{\Lambda}_y \boldsymbol{\Psi} \boldsymbol{\Lambda}_y' + \boldsymbol{\Theta}$$

En el presente trabajo se usa un modelo de factor común, como un análisis factorial confirmatorio, para estudiar las dimensiones de los constructos planteados. La Figura N° 3 representa gráficamente un modelo bifactorial, con tres indicadores para cada factor, relacionados entre sí. Las variables latentes se representan con círculos, las observadas por rectángulos, las flechas conectan los círculos con los rectángulos indicando regresiones, y las flechas cortas, apuntando a los círculos o los rectángulos, son los residuos. Un arco con doble flecha conectando dos variables indica que están correlacionadas. Se asume que los factores comunes y los únicos tienen una distribución normal multivariante lo que permite una estimación de máximo verosimilitud.

Figura N°3: Diagrama de las relaciones de dos variables latentes en dos niveles



Donde Ψ es una matriz 2x2:

$$\Psi = \begin{pmatrix} \psi_{11} & \psi_{12} \\ \psi_{21} & \psi_{22} \end{pmatrix}$$

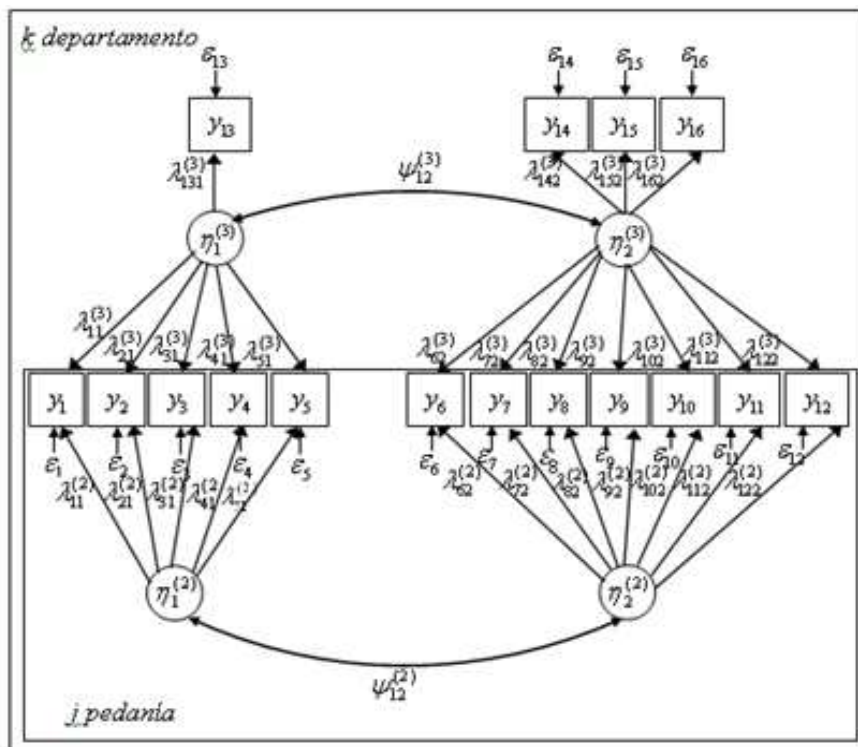
Resultados del análisis factorial confirmatorio

El análisis factorial confirmatorio permite identificar los indicadores que más aportan a la conformación conjunta de las variables latentes. Se propone un modelo, de alta complejidad, de factores comunes a dos niveles de agregación en el contexto de los GLLAMMs⁵.

Un modelo de factor a un nivel no sería el apropiado en este trabajo donde las pedanías están *anidadas* en departamentos. Por esta razón se usa un modelo de factor a tres niveles, siendo las pedanías el nivel 2 y los departamentos el nivel 3, con dos variables latentes en cada uno. Hay doce indicadores a nivel de pedanía y cuatro a nivel de departamento. El modelo se muestra en la Figura N° 4 y luego la forma matricial.

⁵ Programa libre que puede descargarse del sitio www.gllamm.org y se ejecuta en el paquete estadístico STATA (comercial).

Figura N°4: Modelo de dos variables latentes en dos niveles (pedanía y departamento)



$$\begin{bmatrix} y_{1jk} \\ y_{2jk} \\ \vdots \\ y_{5jk} \\ y_{6jk} \\ y_{7jk} \\ \vdots \\ y_{12jk} \\ y_{13k} \\ \vdots \\ y_{16k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_5 \\ \beta_6 \\ \beta_7 \\ \vdots \\ \beta_{12} \\ \beta_{13} \\ \vdots \\ \beta_{16} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \lambda_{11}^{(2)} & 0 & \lambda_{11}^{(3)} & 0 & \lambda_3^{(3)} & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \lambda_{21}^{(2)} & 0 & \lambda_{21}^{(3)} & 0 & 0 & \lambda_4^{(3)} & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \lambda_{51}^{(2)} & 0 & \lambda_{51}^{(3)} & 0 & 0 & 0 & \dots & \lambda_7^{(3)} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_{62}^{(2)} & 0 & \lambda_{62}^{(3)} & 0 & 0 & \dots & 0 & \lambda_8^{(3)} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_{72}^{(2)} & 0 & \lambda_{72}^{(3)} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \lambda_9^{(3)} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \lambda_{122}^{(2)} & 0 & \lambda_{122}^{(3)} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & \lambda_{14}^{(3)} \\ 0 & 0 & \lambda_{131}^{(3)} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{162}^{(3)} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1^{(2)} \\ \eta_2^{(2)} \\ \eta_1^{(3)} \\ \eta_2^{(3)} \\ \eta_3^{(3)} \\ \eta_4^{(3)} \\ \vdots \\ \eta_7^{(3)} \\ \eta_8^{(3)} \\ \eta_9^{(3)} \\ \vdots \\ \eta_{14}^{(3)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1jk} \\ \epsilon_{2jk} \\ \vdots \\ \epsilon_{5jk} \\ \epsilon_{6jk} \\ \epsilon_{7jk} \\ \vdots \\ \epsilon_{12jk} \\ \epsilon_{13k} \\ \vdots \\ \epsilon_{16k} \end{bmatrix}$$

donde:

Variables latentes	Nivel
$\boldsymbol{\eta}^{(2)} = [\eta_m^{(2)}]$ $m = 1, 2$	Pedanía
$\boldsymbol{\eta}^{(3)} = [\eta_m^{(3)}]$ $m = 1, 2$	Departamento
$\boldsymbol{\eta}^{(3,14)} = [\eta_n^{(3)}]$ $n = 3, 4, \dots, 14$	Departamento

El modelo es:

$$\mathbf{y} = \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\Lambda}^{(2)} \boldsymbol{\eta}^{(2)} + \boldsymbol{\Lambda}^{(3)} \boldsymbol{\eta}^{(3)} + \boldsymbol{\Lambda}^{(3,14)} \boldsymbol{\eta}^{(3,14)} + \boldsymbol{\varepsilon},$$

donde:

$$\text{var}(\boldsymbol{\eta}^{(2)}) = \boldsymbol{\Psi}^{(2)} = \begin{bmatrix} \psi_{11}^{(2)} & \psi_{12}^{(2)} \\ \psi_{12}^{(2)} & \psi_{22}^{(2)} \end{bmatrix} \quad \text{var}(\boldsymbol{\eta}^{(3)}) = \boldsymbol{\Psi}^{(3)} = \begin{bmatrix} \psi_{11}^{(3)} & \psi_{12}^{(3)} \\ \psi_{12}^{(3)} & \psi_{22}^{(3)} \end{bmatrix}$$

$$\text{var}(\mathbf{y}) = \boldsymbol{\Lambda}^{(2)'} \boldsymbol{\Psi}^{(2)} \boldsymbol{\Lambda}^{(2)} + \boldsymbol{\Lambda}^{(3)'} \boldsymbol{\Psi}^{(3)} \boldsymbol{\Lambda}^{(3)} + \boldsymbol{\Theta}$$

Resumiendo, para cada indicador se obtiene la siguiente expresión:

$$y_i = \sum_{l=2}^3 \left[\sum_{m=1}^2 \eta_m^{(l)} \mathbf{z}_{mi}^{(l)} \lambda_m^{(l)} + d_l \left(\sum_{n=3}^{14} \eta_n^{(3)} \lambda_n^{(3)} \right) \right] + \varepsilon_i,$$

Los indicadores que se seleccionaron se describen en la Tabla N° 4.

Tabla N°4: Indicadores que conforman cada uno de las variables latentes

<i>Nivel de Pedanías</i>	
Nivel socioeconómico	Eje tecnológico o Brecha Digital
y_1 : % de hogares que “no es NBI”	y_6 : % de hogares con computadora
y_2 : % de población que tiene cobertura de salud	y_7 : % de hogares con computadora y acceso a Internet
y_3 : % de hogares con televisión por cable	y_8 : % de municipios con correo electrónico
y_4 : % de hogares propietarios de la vivienda	y_9 : % de municipios con sitio web
y_5 : % de hogares con teléfono fijo	y_{10} : % de sitios web con información de trámites
	y_{11} : % de sitios que interactúan con los ciudadanos
	y_{12} : % de población con secundario completo y más
<i>Nivel de Departamento</i>	
Nivel socioeconómico	Eje tecnológico o Brecha Digital
y_{13} : PBG per cápita	y_{14} : % de gasto en innovación en relación a las ganancias de las empresas
	y_{15} : % de empresas que tienen servicios informáticos interno o externo
	y_{16} : % de empresas que califican de “Bueno” a los servicios informáticos

Los resultados, que se presentan en el Tabla N° 5, y se refieren a tres niveles:

Nivel 1: indicadores; Nivel 2: pedanías; y Nivel 3: departamentos.

Tabla N°5: Resultados del Modelo 1

	MODELO 1 – Figura N° 4			
	Varianza estimada	Factor de carga	S.E.	t aprox.
Var(1r nivel)	0,40		0,01	28,50
Var(2° nivel)				
$\eta_1^{(2)}$	0,22		0,07	3,39
y ₁		1		
y ₂		0,73	0,16	4,71
y ₃		0,92	0,18	5,12
y ₄		1,50	0,26	5,87
y ₅		1,11	0,18	6,19
$\eta_2^{(2)}$	0,17		0,06	2,99
y ₆		1		
y ₇		0,99	0,20	4,99
y ₈		1,91	0,35	5,44
y ₉		1,52	0,29	5,25
y ₁₀		1,94	0,36	5,44
y ₁₁		1,72	0,32	5,42
y ₁₂		1,37	0,24	5,74
Cor (2° nivel)	$\psi_{12}^{(2)} = 0,55$			
Var(3r nivel)				
$\eta_1^{(3)}$	0,62		0,21	2,95
y ₁		1		
y ₂		1,05	0,11	9,23
y ₃		0,92	0,11	8,52
y ₄		-0,13	0,13	-0,99
y ₅		0,95	0,10	9,07
y ₁₃		0,64	0,18	3,55
$\eta_2^{(3)}$	0,31		0,12	2,62
y ₆		1		
y ₇		1,14	0,16	7,06
y ₈		-0,07	-0,18	0,38
y ₉		0,59	0,15	4,06
y ₁₀		0,34	0,17	2,05
y ₁₁		0,57	0,15	3,70
y ₁₂		0,99	0,15	6,55
y ₁₄		1,97	0,50	3,92
y ₁₅		2,46	0,52	4,77
y ₁₆		2,62	0,52	5,02
Cor (3r nivel)	$\psi_{12}^{(3)} = 0,88$			AIC 4304.18

En el primer nivel, de indicadores, la varianza general es de 0.40, en tanto, que para el segundo (pedanía) alcanza el 0.22 para el nivel socioeconómico y el 0.17 para el grado de difusión de TICs. Los resultados también muestran que todos los indicadores de ambas variables latentes son significativos a nivel de pedanía.

Para que el modelo pueda ser estimado es necesario fijar en la unidad el factor de carga de uno cualquiera de los indicadores. En el caso del constructo **nivel socioeconómico** ello correspondió al *porcentaje de hogares no NBI*. Los indicadores *porcentaje de hogares propietarios de la vivienda* y *porcentaje de hogares que tienen teléfono fijo*, al tener factores de carga 1.5 y 1.11 respectivamente, contribuyen en términos relativos, en mayor medida que el indicador tomado como base. En tanto que *porcentaje de población con cobertura de salud* y *porcentaje de hogares con servicio de televisión por cable* aportan menos a su conformación, ya que sus factores de carga son menores que 1. Este orden también coincide con el nivel de significación de cada uno de los indicadores.

Al mismo tiempo, para la conformación del constructo **grado de difusión de TICs** se le asignó la unidad al factor de carga del indicador de acceso a las TICs de los hogares, es decir, *porcentaje de hogares con PC*. Todos los indicadores considerados contribuyen más que este último en la conformación de la variable latente. Si bien el indicador *nivel de educación de la población*, como aproximación al conocimiento de los individuos para el uso de las tecnologías, es el más significativo, participa relativamente menos en su definición. Los que más aportan son los relacionados con el desarrollo del gobierno electrónico, ya que los municipios que tienen sitio web que *presentan información de trámites* y *tienen correo electrónico* su factor de carga llega a 1.9; y los que sólo *tienen presencia en la web* y los que *permiten realizar transacciones* su peso es 1.7 y 1.5 respectivamente.

Para un nivel de agregación mayor, en este caso departamento, todos los indicadores resultaron significativos para el **nivel socioeconómico**, excepto *porcentaje de hogares propietarios de la vivienda*, pero todos contribuyen en menor medida que el *porcentaje de hogares no NBI* en la conformación del constructo.

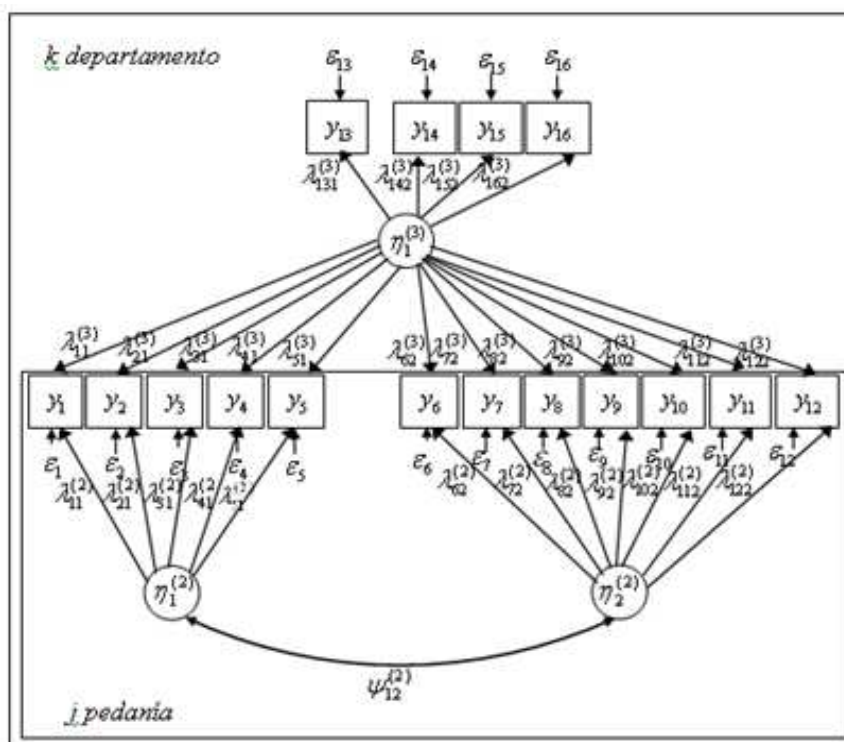
En este mismo nivel, el constructo **grado de difusión de las TICs** tiene un comportamiento diferente al descrito en las pedanías. No resulta significativo el indicador *porcentaje de municipios que tienen correo electrónico*. Los que más participan en la conformación del mismo son los relacionados con el uso de las TICs en las empresas (*porcentaje de gasto en innovación en relación a las ganancias de las*

empresas, porcentaje de empresas que tienen servicios informáticos interno o externo y porcentaje de empresas que califican de “Bueno” a dichos servicios informáticos), seguidos por tener conexión a Internet en el hogar (porcentaje de hogares con conexión a Internet).

El modelo calcula la correlación entre ambas variables latentes resultando positiva. A nivel de pedanía alcanza el 0.55 y a nivel de departamento el 0,88. Este resultado es muy importante ya que confirma la hipótesis de este trabajo, demostrando que hay asociación entre el nivel socioeconómico de la población y la magnitud de la brecha digital.

Más aún, dada la alta correlación que se obtuvo en el último nivel (departamento) y siguiendo la recomendación de Skrondal y Rabe-Hesketh (2004) quienes sostienen que ante esta situación es posible pensar en la existencia de un único constructo, se planteó un segundo modelo. El objetivo era indagar si a nivel de departamento sólo debe considerarse una única variable latente que representa el desarrollo social y tecnológico de estas jurisdicciones (Figura N° 5).

Figura N°5: Modelo con dos variables latentes en el nivel de pedanía y una en el nivel de departamento



El resultado de este modelo sigue el mismo sentido que el analizado anteriormente, ya que los indicadores tienen el mismo grado de significatividad e importancia en la construcción de los constructos analizados en ambos niveles, pedanía y departamento,

(ver Tabla N° 6). La correlación entre las variables latentes a nivel de pedanía es similar a la del Modelo 1, alcanzando el valor 0.58.

Tabla N°6: Resultados del Modelo 2

	MODELO 2 – Figura N° 5			
	Varianzas estimadas	Factores de carga	S.E.	t aprox.
Var(1r nivel)	0,415		0,015	28,057
Var(2º nivel)				
$\eta_1^{(2)}$	0,272		0,073	3,735
y1		1		
y2		0,773	0,143	5,411
y3		0,997	0,165	6,031
y4		1,209	0,204	5,937
y5		1,056	0,159	6,632
$\eta_2^{(2)}$	0,159		0,055	2,888
y6		1		
y7		0,994	0,207	4,788
y8		1,948	0,372	5,243
y9		1,534	0,304	5,034
y10		1,961	0,376	5,210
y11		1,735	0,334	5,190
y12		1,390	0,252	5,525
Cor (2º nivel)	$\psi_{12}^{(2)} = 0.58$			
Var(3r nivel)				
$\eta_1^{(3)}$	0,457		0,235	1,945
y1		1		
y2		1,033	0,115	8,980
y3		0,847	0,105	8,021
y4		-0,056	0,116	-0,482
y5		0,980	0,110	8,891
y13		0,538	0,181	2,974
y6		0,778	0,109	7,112
y7		0,884	0,116	7,641
y8		-0,008	0,128	-0,060
y9		0,449	0,112	3,987
y10		0,294	0,124	2,370
y11		0,471	0,118	4,000
y12		0,753	0,114	6,626
y14		1,139	0,354	3,216
y15		1,738	0,363	4,784
y16		2,101	0,376	5,594
				AIC 4333.18

Conclusiones y Discusión

En la actualidad el mundo está transitando una revolución tecnológica, basada en el desarrollo y aplicación intensiva de la microelectrónica y de herramientas de gestión de la información y las telecomunicaciones. Esta difusión de las TICs a escala mundial ha generado un proceso de conectividad sin precedentes en la historia humana, que multiplicó la posibilidad de crear y compartir información y conocimiento, eliminando progresivamente las barreras de tiempo y distancia. El fenómeno de Internet ha impactado en los procesos económicos y sociales, y ha generado nuevas modalidades de interacción, comunicación e intercambio de experiencias entre distintos actores, instituciones y movimientos sociales (CEPAL, 2003).

Este fenómeno comenzó en los decenios de los setenta y ochenta en los países desarrollados configurando un nuevo modelo de producción: la *sociedad de la información*; su evolución en los noventa, caracterizada por la difusión masiva de las TICs a todas las actividades humanas, hizo que algunos autores comenzaran a denominarla *sociedad del conocimiento*.

De ahí que las tecnologías se han constituido en pilares fundamentales para el desarrollo económico y social de la población. Según Carlota Pérez, los constantes avances tecnológicos en el campo de las TICs promueven innovaciones en todos los ámbitos de la economía y la sociedad, cuyos beneficios impactan no sólo en el crecimiento económico, sino también en la inclusión social, ya que mejoran y facilitan la prestación de servicios esenciales como son educación, salud y gestión gubernamental. (Pérez, 2002).

Pero, el desarrollo tecnológico también implica desafíos y ha generado problemas. La difusión desigual de las nuevas tecnologías en los diferentes sectores, regiones y/o grupos de personas puede acabar generando una nueva forma de exclusión y de marginación (Pérez, 2002). Estas asimetrías en la difusión de las TICs pueden ser temporales o permanentes, lo que sin dudas tiene consecuencias diferentes y fuertes implicancias a nivel de políticas.

Es posible que la falta de acceso y/o la incapacidad de aprovechamiento de las nuevas tecnologías en un momento determinado, coloque a individuos, sectores, regiones, etc., en una situación de debilidad relativa, que afecte negativamente no solo su situación presente, conspirando contra las posibilidades de desarrollo socioeconómico; sino también su futuro, al inhibir el gradual desarrollo de destrezas y capacidades genéricas que pueden ser básicas para el dominio de la tecnología en el futuro.

En este caso, si la brecha tecnológica no tiende a cerrarse en forma automática, sino que por el contrario se mantiene o, inclusive se incrementa con el paso del tiempo, entonces se estaría en presencia de una brecha de carácter permanente o estructural.

Hablar de una brecha digital estructural es hacer referencia a la existencia de un círculo vicioso, donde las regiones y sectores más pobres tienen menos oportunidades de acceso y uso de las TICs y, a consecuencia de ello, se separan cada vez más de aquellos más ricos, que cuentan con servicios de mejor calidad, buena conectividad, e incluso a costos más bajos para los usuarios (revista RED, 2005 y PNUD, 2001)⁶.

Dado que el fenómeno de la brecha digital no es unidimensional, sino que está influenciado por múltiples factores, la medición de una manera cuantitativa precisa del grado de desarrollo tecnológico a nivel de pequeñas áreas geográficas es muy difícil y se convierte en una cuestión empírica complicada; sin embargo, se puede ensayar un marco analítico.

Se pudo confirmar la hipótesis de trabajo, e indicar que el desarrollo socioeconómico de la población y el tecnológico están interrelacionados, de modo que tienden a estimularse mutuamente creando **círculos virtuosos en las pedanías de mayor desarrollo socioeconómico y difusión de las TICs**, como así también, el efecto contrario de desalentarse mutuamente, generando **círculos viciosos en las regiones más rezagadas**. De esta manera, la brecha digital aparece más como una cuestión estructural que temporal, por lo que su “cierre o achicamiento” requiere de acciones concretas de política.

Referencias bibliográficas

Banco Mundial, (2001): “Informe sobre el desarrollo mundial 2000/2001. Lucha contra la pobreza. Panorama General”, Washington, D.C. EEUU, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/BANCO MUNDIAL.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), (2008): “La sociedad de la información: desarrollo de las tecnologías y tecnologías para el desarrollo”, Santiago de Chile.

CEPAL, (2005a): “Políticas públicas para el desarrollo de sociedades de información en América Latina y el Caribe”, *Documentos de proyectos*, N° 19 (LC/W.19), Santiago de Chile.

⁶ Entendiendo y definiendo la brecha digital. Escrito por Evelio Martínez Martínez, Ignacio Ascencio López, Arturo Serrano Santoyo. Artículo publicado en la [Revista RED](http://www.labrechadigital.org/labrecha/index.php?option=content&task=view&id=20), edición abril 2005. <http://www.labrechadigital.org/labrecha/index.php?option=content&task=view&id=20>

- CEPAL, (2003a): “Los caminos hacia una sociedad de la información en América Latina y el Caribe”, *serie Libros de la CEPAL*, N° 72 (LC/G.2195/Rev.1-P), Santiago de Chile. Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta: S.03.II.G.9.
- CEPAL, (2003b): “Estrategias nacionales para la sociedad de la información en América Latina y el Caribe” (LC/R.2109), Santiago de Chile.
- Díaz, Cecilia, (2005): “Estratificación socio-demográfica aplicando técnicas de análisis multivariadas”. Consejo Federal de Inversiones. Argentina.
- Díaz, Cecilia, (2006): “Estudio Comparativo de la Composición Sociodemográfica de la Población de la Ciudad de Córdoba en el Período 1991-2001”. Consejo Federal de Inversiones. Argentina.
- Díaz, Margarita, (2008): “Discusión y aplicación de métodos multivariados en investigaciones sociales”. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- DINIECE, (2007): “Acceso universal a la alfabetización digital. Políticas, problemas y desafíos en el contexto argentino” Serie Educación en Debate Nro. 5.
- DINIECE, (2006): "Equipamiento informático, conectividad y sus usos en el sistema educativo argentino", Boletín DINIECE N°1. Temas de Educación. Área de Investigación.
- Esteves, J., (2006): “Análisis del desarrollo del Gobierno Electrónico municipal en España”. Revista de Empresa. N° 15, marzo 2006.
- INDEC, (1994): “Mapas de la pobreza en Argentina”, Comité Ejecutivo para el Estudio de la Pobreza en Argentina (CEPA), Documento de trabajo de trabajo N° 4 – Marzo 1994
- Conferencia Ministerial Regional Preparatoria de América Latina y el Caribe para la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información – CMSI-, (2003): Declaración de Bávaro. Bávaro, Punta Cana, República Dominicana.
- CSMI, (2005): La Segunda fase de la CMSI. Túnez.
http://www.itu.int/wsis/documents/doc_multi.asp?lang=es&id=2266|0. Consultado el 15/11/2011
- Giménez, Gregorio, (2005): “La dotación del capital humano en América Latina y el Caribe”. Revista de la CEPAL 86.
- Laroche, M., M. Merette y G.C. Ruggeri, (1999): “On the concept and dimensions of human capital in a knowledge-based economy context,” Canadian Public Policy.
- London Royal Society, (1985): "The Public Understanding of Science", UK
- Pérez, Carlota, (2002): “Technological Revolutions and Financial Capital”, Cheltenham, Edward Elgar.
- Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), (2001): Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo Humano. <http://hdr.undp.org/es/content/informe-sobre-desarrollo-humano-2001>
- Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), (2006): “Manual de Lisboa”. Documento resultado de las actividades realizadas por la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología en el marco de la Subred de Indicadores de la Sociedad de la Información. Lisboa.

Revista RED, (2005): “Entendiendo y definiendo la brecha digital” Autores: Evelio Martínez Martínez, Ignacio Ascencio López, Arturo Serrano Santoyo
<http://www.labrechadigital.org/labrecha/Articulos/understanding.html>

Skrondal A, Rabe-Hesketh S, “Latent variable modelling: a survey”, Scandinavian Journal of Statistics, in press.

STATA, (2009): “STATA: Release 11”. Statistical Software. College Station, Texas: StataCorp LP.

Torrado, Susana, (1992): “Estructura Social Argentina:1945-1983”, Ediciones de la Flor, Buenos Aires, Argentina.