

# Consideraciones de la red 5G con relación a la brecha digital

**María S. Ruíz Palacios**  
**Martín J. Martínez Silva**

En México, como en otros países, las comunidades que habitan en zonas rurales de difícil acceso no cuentan con la infraestructura suficiente para comunicarse a través de medios electrónicos como la telefonía y el Internet, los cuales son comunes en zonas urbanas. Lo anterior debido a causas como la dispersión de la población, los fenómenos físicos que provocan el desvanecimiento de las señales de radio frecuencia y la falta de interés en la priorización de oferta de estos servicios por parte de los proveedores.

Por otra parte, aproximadamente cada diez años hay un cambio de paradigma en la industria de las telecomunicaciones; actualmente, el cambio se centra en el despliegue de la red 5G, que es la versión más reciente de la red de telefonía celular que incluye acceso telefónico para mantener conectividad en todo momento y en cualquier parte, además de un aumento en las velocidades de transmisión y comunicaciones masivas para el Internet de las cosas.

Con estas ventajas se espera ofrecer más y mejores servicios que tiendan a aumentar la calidad de vida de las personas mediante aplicaciones como la implementación de fábricas inteligentes, el control de drones, la conectividad en trenes de alta velocidad y la conectividad para automóviles autónomos, entre otros.

Sin embargo, ante una nueva innovación tecnológica, también hay un incremento en la brecha digital, es decir, aumenta la desigualdad en el acceso, uso e impacto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) entre diferentes grupos sociales, por lo que las políticas de regulación deben favorecer la oferta de servicios de comunicaciones para estos sectores de la población, además de ser claras y precisas, e incluso diferenciadas, según la localidad o región. Para corroborar esta tesis, en este trabajo se identifican aspectos que afectan la conectividad o acceso a Internet en regiones marginadas; luego, se exploran aspectos de la tecnología 5G para entender sus capacidades y limitaciones. Además, se presentan algunas propuestas que se han adoptado en otras partes del mundo para reducir la brecha digital y, finalmente, se hace una reflexión sobre la regulación como agente para solucionar la problemática.

#### REGIONES MARGINADAS DE CONECTIVIDAD

La conectividad es la capacidad de realizar conexiones. En el ámbito de las telecomunicaciones, a mayor capacidad de interconexión entre dispositivos, hay un mayor flujo de información, redes más robustas y una mayor cobertura.

La orografía de México consiste en numerosos valles y cadenas montañosas, muchas de las cuales constituyen obstáculos para la propagación de las señales. Por otra parte, en algunas zonas que se encuentran en los estados de Campeche, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Nayarit, Oaxaca, Sonora, Tabasco y Zacatecas, el problema se agrava pues el terreno es aún más accidentado, además de que, según la base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021), los asentamientos humanos son dispersos. Estos factores inhiben la colocación de infraestructura tecnológica en estas zonas por falta de rentabilidad, por lo que las causas de la poca conectividad en regiones marginadas son las condiciones socioeconómicas, demográficas y geográficas que dificultan

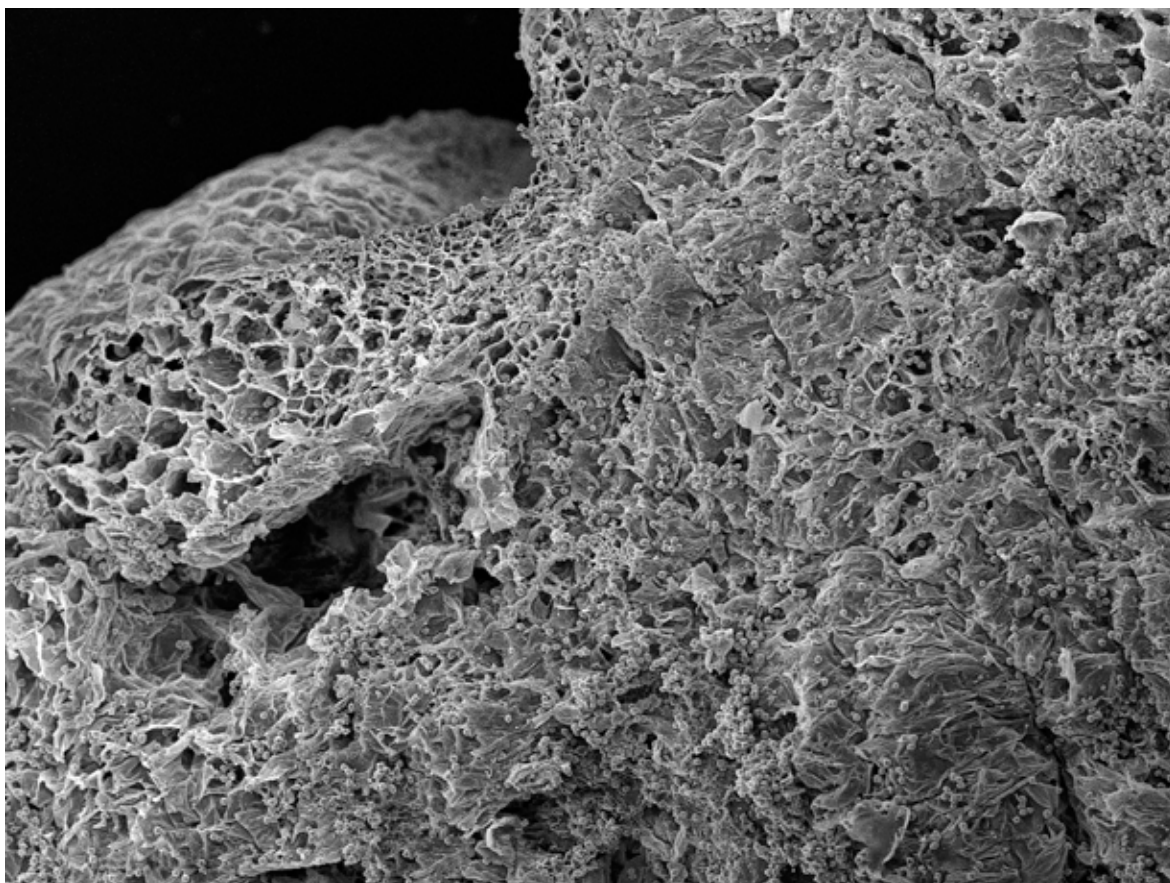
el despliegue de infraestructura de operadores de servicios de telecomunicaciones y radiodifusión (Quintanar, 2022). En otras palabras, la cobertura de la telefonía móvil en el territorio mexicano está garantizada en sitios geográficos de fácil acceso y con suficientes pobladores, es decir, las ciudades y comunidades ubicadas cerca de carreteras y autopistas, ya que en estos sitios la oferta del servicio es rentable.

#### CARACTERÍSTICAS DE LA RED 5G

Una de las características más importantes de la red 5G es el incremento de la velocidad de transmisión de datos; se pretende que sea de 100 millones de bits por segundo, y para algunas aplicaciones, además, se requiere de un retardo máximo de 1 ms (Osseiran, 2016). Dado que la capacidad de rendimiento real para los usuarios finales de redes inalámbricas a menudo es solo el 15 por ciento de la tasa de conexión de datos que los proveedores promueven (Stadt, 2017), se requiere que los dispositivos y demás elementos presentes en la red se administren para favorecer el aumento de la tasa de datos. Esto se logra por medio de tres métodos:

1. Aumentando la potencia de transmisión (o reduciendo el ruido eléctrico).
2. Reduciendo el número de usuarios (personas con un móvil) mediante la reducción del espacio geográfico de radiación de una antena (tamaño de la celda).
3. Añadiendo espectro (se emplean más bandas de frecuencia para su explotación).

El aumento de potencia en la transmisión está limitado debido a las normas establecidas para evitar daños a la salud, porque cuando un ser humano está expuesto a ondas electromagnéticas de suficiente intensidad durante períodos prolongados, su salud puede resultar afectada. Un ejemplo de estas normas es el estándar IEEE C95.1, en el cual se describen los límites seguros para exposición humana a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (Bayley *et al.*, 2019). Por ello, los proveedores de estos servicios realizan acciones para la implementación de estaciones base seguras, además de que



© Luz Noyola-Méndez. Microscopía electrónica de barrido del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*).

los diseñadores de equipos y dispositivos cumplen requerimientos establecidos en las normas, lo que les permite comercializar sus productos.

El número de usuarios atendidos por un proveedor está limitado por el espectro que dispone para su explotación; por ejemplo, un proveedor que cuenta con una banda de 50 MHz para su explotación solo puede atender 250 usuarios simultáneamente, por esta razón se dispone de celdas para hacer reuso de la frecuencia. Esto implica que se requiere de una mayor cantidad de estaciones base separadas por distancias más pequeñas, lo que provoca una mayor interferencia entre los nodos vecinos, que puede reducirse bajando los niveles de potencia de los transmisores o colocando las antenas con elevaciones y con vista hacia el terreno, lo que implica que el área de cobertura de cada celda se reduzca.

Se han definido tres bandas de frecuencia para la operación de la red 5G, estas bandas son 700 MHz, 3.4 a 3.8 GHz y 28 GHz. Cabe aclarar que mientras

más alta es la frecuencia de la señal, esta se debilita en forma más rápida, por lo que la cobertura de las celdas en la banda superior es menor a 300 metros. Por otro lado, la mejora en la banda de 3.4 a 3.8 GHz se logra aumentando el ancho de banda, además de utilizar un sistema de múltiple entrada y salida (MIMO) que permite mejorar las capacidades de cobertura de las microceldas.

Lo descrito hasta este punto opera adecuadamente en entornos urbanos; para adaptarlo al ámbito rural y en particular a zonas marginadas de estos servicios, es necesario responder las siguientes preguntas: ¿cuáles son los puntos más cercanos de conexión a la red celular?, ¿dónde colocar las estaciones base en las zonas de difícil acceso para conectar estas regiones a la red 5G?, ¿cuáles servicios o aplicaciones son prioritarios para fomentar un desarrollo en estas comunidades?

y ¿cuáles modelos de propagación de señal se deben emplear en estas regiones?

## ALGUNAS SOLUCIONES

### EN DIFERENTES REGIONES DEL MUNDO

Desde hace décadas se han propuesto diferentes soluciones al problema de conectividad en regiones de difícil acceso; más aún, se han propuesto diferentes alternativas solo para proveer de energía eléctrica. Por ejemplo, en la década pasada, algunos de los esfuerzos se centraron en considerar el uso de vehículos aéreos no tripulados para generar condiciones de conectividad en regiones rurales (Chiaraviglio, 2016), pues con los avances tecnológicos las bases de radio pueden colocarse sobre estos vehículos y ubicarse donde se requieran, lo cual en algunos casos sigue siendo costoso. Por otra parte, también se ha considerado dotar de acceso mediante la red terrestre y el uso de satélites (Kumar *et al.*, 2020).

En el sur de Finlandia se han realizado experimentos en la banda de 26 GHz considerando la colocación de antenas a diferentes alturas (30, 50 y 70 metros) para evaluar la cobertura en comunidades rurales (Saba, 2021). Los resultados sugieren que la elevación de la antena puede cubrir mayor superficie en la región; sin embargo, no garantiza que los niveles de potencia sean los adecuados para mantener el enlace, por lo que una solución es dotar de conectividad a estas regiones mediante un acceso fijo inalámbrico. Por ejemplo, mediante la tecnología TV White Space (TVWS) y ondas milimétricas.

Hay, pues, diferentes propuestas tecnológicas para mejorar la conectividad en zonas de difícil acceso, sin embargo, no hay criterios uniformes para determinar la mejor solución, o dicho de otra forma, no hay una solución única para llevar los servicios de telecomunicaciones a zonas marginadas, ya que todo depende de las condiciones geográficas del lugar, de la configuración de los asentamientos humanos en la zona, de la dificultad para colocar antenas o cableado, y del uso del espectro radioeléctrico, entre otros.

## DISCUSIÓN

La neutralidad de la red implica redes abiertas y seguras, la no discriminación de acceso a Internet o diferenciación en el tráfico de Internet. Es decir, hay un tratamiento igual para todos los flujos de información, contenidos, servicios y aplicaciones (Ianni *et al.*, 2022); sin embargo, la red 5G proveerá de soluciones en función de las necesidades del usuario, es decir, plantea la diferenciación de tráfico en contraste con lo que se ha definido como neutralidad de la red. Por ello, los esquemas de regulación deben considerar los diferentes aspectos legales, técnicos, económicos y sociales (Alén-Savikko, 2019).

La regulación es el fundamento legal que permitirá el desarrollo equitativo en todas las dimensiones. Algunos esquemas para la regulación son:

- a) Licencia o concesión del uso del espectro para operar exclusivamente en zonas rurales.
- b) Operador comunitario.
- c) Operador estatal.
- d) Establecer obligaciones a los proveedores para proporcionar cobertura social.
- e) Descuento o tarifas especiales en la oferta de servicios de telecomunicación a grupos marginados.
- f) Asignación directa del uso del espectro para fines sociales, por ejemplo, en aplicaciones de cultivo inteligente, telemedicina y otros.
- g) Hacer uso secundario del espectro, por ejemplo, cuando se otorgan concesiones a empresas privadas (mineras) se favorezca, de ser posible, el reuso del espectro para satisfacer necesidades específicas de comunidades que estén asentadas en regiones cercanas a estas empresas.
- h) Proveer de subsidio a operadores para que provean de servicio a zonas marginadas.
- i) Proporcionar apoyo a comunidades marginadas para generar su infraestructura

Por otra parte, es necesario realizar un análisis de costo-beneficio para determinar cuál es la tecnología que mejor se adapta a regiones específicas que carecen de conectividad, así como establecer criterios prioritarios en la oferta de servicios para reducir la brecha digital y promover el desarrollo tecnológico con la intención de reducir el costo de equipos.

Se han realizado esfuerzos para desarrollar diversas tecnologías para diferentes escenarios geográficos, sin embargo, el costo sigue siendo elevado, además de que hay otras capas en la red que deben ser compatibles con la infraestructura existente.

Aun cuando se han expuesto diferentes modelos de negocio, no se puede generalizar que sean exitosos en todas las regiones del país.

Por consiguiente, la regulación es un elemento clave para asegurar que los diferentes proveedores de servicios y usuarios (incluyendo las comunidades marginadas de estos servicios) obtengan beneficios a favor del desarrollo de las comunidades y de la sociedad en general. Sin embargo, la regulación no debe implicar establecer reglas generales, por el contrario, es necesario que se realicen análisis para cada región del país y valorar cuál es la tecnología adecuada para cada lugar, qué proveedor puede proporcionar estos servicios y qué beneficios se tendrán, pues como se ha descrito, proveer servicios en estas regiones no es rentable para muchas de las compañías, pero hay usuarios (por ejemplo, empresas mineras) que tienen o pueden colocar infraestructura y facilitar la conectividad a las comunidades asentadas en estas regiones.

Reducir la brecha digital en México es un problema que se puede resolver con la voluntad de diferentes sectores. No se pueden generalizar las condiciones de cada zona geográfica y, en consecuencia, la regulación es clave para solucionar esta problemática.

## CONCLUSIONES

Con las características de la red 5G se pueden ofrecer diferentes servicios, muchos de ellos encaminados a mejorar la calidad de vida en las zonas urbanas, lo cual tiende a aumentar la brecha digital existente en nuestro país. Si esta brecha se reduce, podría traer grandes beneficios, como el denominado cultivo inteligente, que podría garantizar un uso eficiente del agua.

Para disminuir la brecha digital se requiere de estrategias que permitan contar con nodos de conectividad en las zonas marginadas.

El tipo de conexión debe ser diferente para cada zona, según el territorio y los servicios prioritarios para la comunidad; para ello se requiere de políticas regulatorias que atiendan las necesidades de cada región. Solo con la participación de proveedores de servicios e instituciones gubernamentales es posible la reducción de esta brecha.

## REFERENCIAS

- Alén-Savikko A (2019). Network neutrality in the era of 5G—a matter of faith, hope, and design? *Information & Communications Technology Law* 28:115-130.
- Bailey WH, Bodemann R, Bushberg J, Chou CK et al. (2019). Synopsis of IEEE Std C95. 1™-2019 “IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electric, magnetic, and electromagnetic fields, 0 Hz to 300 GHz”. *IEEE Access* 7: 171346-171356.
- Chiaraviglio Chiaraviglio L, Blefari-Melazzi N, Liu W et al. (2016). 5G in rural and low-income areas: Are we ready? In *2016 ITU Kaleidoscope: ICTs for a Sustainable World (ITU WT)* (pp. 1-8).
- INEGI (2021). *Subsistema de información Demográfica y Social*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#-Microdatos>.
- Ianni G, Capineri F, Vanni P et al., (2022). 5G Technology: New Challenges for Law Enforcement Agencies to Face. *Eur. L. Enf't Rsch. Bull.* 22(157):1-15.
- Kumar SKA, Stewart R, Crawford D and Chaudhari S (2020). Business model for rural connectivity using multi-tenancy 5G network slicing. In *International Conference on Smart Communities: Improving Quality of Life Using ICT, IoT and AI* (pp.182-188). IEEE.
- Osseiran AM (2016). *5G mobile and wireless communications technology*. Londres, Inglaterra: Cambridge University Press.
- Saba NM (2021). Rural Macrocell Path Loss Measurements for 5G Fixed Wireless Access at 26 GHz. *5G World Forum (5gWF)* (pp. 328-333). IEEE.
- Koike Quintanar SA (2022). *Análisis de las iniciativas públicas y privadas para proveer servicios de telecomunicaciones y radiodifusión en zonas rurales y/o marginadas*. Instituto Federal de Telecomunicaciones, Centro de Estudios del IFT, México.
- Stadt LT (2017). 5G In not the answer for Rural Broadband. *Broadband Communities* 38:24-30

**María S. Ruíz Palacios**  
**Martín J. Martínez Silva**  
**Departamento de Electrofotónica, CUCEI**  
**Universidad de Guadalajara**  
**[maria.rpalacios@academicos.udg.mx](mailto:maria.rpalacios@academicos.udg.mx)**

