

# Reporte Analítico de Indicadores

Primer cuatrimestre 2022

Indicadores de telecomunicaciones en América Latina.



**CENTRO DE ESTUDIOS DEL IFT**

*Mtro. José Alberto Candelaria Barrera*

# Reporte Analítico<sup>1</sup>

## Indicadores de telecomunicaciones en América Latina.

### Estado actual de las telecomunicaciones en México y otros países de América Latina

#### Índice

Introducción .....	3
Información estadística.....	5
Panorama del desarrollo digital en América Latina a partir de los indicadores estimados ...	7
Determinación de agrupamientos según la disponibilidad de los servicios de telecomunicaciones en los países. ....	16
Conclusiones.....	20
ANEXO METODOLÓGICO .....	21
Aplicación de técnicas de agrupamiento a variables de telecomunicaciones de países de América Latina.....	21
Metodología y Análisis de clústers.....	22

---

<sup>1</sup> El contenido, las opiniones y las conclusiones o recomendaciones vertidas en este documento son responsabilidad exclusiva de su autor, y no necesariamente reflejan el punto de vista oficial del Instituto Federal de Telecomunicaciones.

## Introducción

El acceso a tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC's) de buena calidad es esencial para las naciones que buscan alcanzar un alto desarrollo económico que beneficie a su población. El Banco Mundial<sup>2</sup> destaca que la digitalización de la economía ha generado efectos positivos que han tenido impacto sobre el crecimiento económico y el bienestar social. Es así, ya que la economía global y el comercio internacional requieren de un nivel de integración que solamente es alcanzable cuando se cuenta con una adecuada infraestructura en TIC's.

En cuanto a la región que nos ocupa, la cual se trata de América Latina, también se considera que las TIC's juegan un rol esencial en el incremento del empleo, la movilidad del capital, la redistribución del valor agregado entre factores como el propio capital y el trabajo, o, incluso, en la reducción del gasto de materiales y en contaminantes en la economía. Autores como Jordá-Borrell y López-Otero (2020)<sup>3</sup> concluyen en su artículo que las TIC's favorecen el crecimiento del PIB per cápita en los países en desarrollo, y en especial cuando existen otros factores como el financiamiento, un cierto tamaño del mercado extranjero, la formación de proveedores locales, entre otros factores, los cuales influyen positivamente en el desarrollo económico.

Según un estudio reciente de Katz<sup>4</sup> para la región de América Latina, un incremento del índice de digitalización de 1% resulta en un aumento de 0.32% en el producto interno bruto, de 0.26% en la productividad laboral, de 0.23% en la productividad multifactorial y de 0.09% en la contribución de las TIC a la productividad laboral.

Por otro lado, se considera que el avance tecnológico de las telecomunicaciones es un fenómeno multifactorial que requiere de la consideración de distintos indicadores para ser capturado, por lo que su medición integral es compleja<sup>5</sup>. La

<sup>2</sup> Banco Mundial. "World Development Report 2016: Digital Dividends." Text/HTML. Washington D.C.: World Bank. Consultado el 12 de Octubre, 2017. <http://www.worldbank.org/en/publication/wdr2016>

<sup>3</sup> Jordá-Borrell, R., & López-Otero, J. (2020). Economic growth factors in developing countries: the role of ICT. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, (86). <https://doi.org/10.21138/bage.2979>

<sup>4</sup> Katz, R. (2018) La digitalización: una clave para el futuro crecimiento de la productividad en América Latina.

<sup>5</sup> Véase por ejemplo Katz & Koutroupis (2013) que utilizan un índice multidimensional, compuesto por 6 pilares, cada uno de los cuales está calculado por múltiples componentes que agregan varios indicadores. Por su parte Gerpott,

existencia de diferentes variables que señalan el avance de los distintos aspectos que conforman el desarrollo tecnológico dificulta establecer conclusiones y definir una estrategia de conectividad acorde con las necesidades de cada país. Asimismo, la penetración de los servicios de telecomunicaciones en la región de América Latina no ha sido homogénea durante los últimos años.<sup>6</sup>

Por lo tanto, en este trabajo se realiza un análisis estadístico del contraste que existe en el desarrollo de las telecomunicaciones en un conjunto formado por 14 países de América Latina y que integra a las economías más grandes de la región, incluyendo a México. A su vez, se busca realizar un comparativo con el Reporte de Indicadores de Telecomunicaciones para países de América Latina del año 2020<sup>7</sup>. Este ejercicio es de utilidad para observar el avance de la conectividad y diferentes tendencias en el desarrollo digital de los diferentes países. Con esta información analítica, se genera un insumo analítico útil que permite identificar brechas con respecto a otras naciones de la región, lo que constituye un primer paso en el diseño e implementación de políticas públicas para acortar dichas diferencias.

Para este análisis se utilizan dos técnicas estadísticas de agrupamiento de datos, las cuales permiten integrar subconjuntos de países según el grado de similitud en el avance que registran en materia de telecomunicaciones, utilizando para ello doce de las principales variables del sector. Cada agrupamiento incluye a los países que exhiben niveles similares de acceso a la infraestructura y a los servicios de telecomunicaciones, mientras que entre los diferentes agrupamientos se busca la mayor divergencia al respecto.

Este ejercicio permite así establecer qué países han alcanzado un nivel similar en cuanto a la dotación integral de los servicios de telecomunicaciones, incluyendo indicadores como la banda ancha móvil, banda ancha fija, voz fija, televisión restringida, telefonía móvil y video OTT.

Los resultados de este análisis multifactorial sobre el avance del sector de las telecomunicaciones en América Latina para 14 países, permite establecer cuatro grupos con niveles similares de equipamiento de servicios de telecomunicaciones.

---

Torsten & Ahmadi, Nima (2015) integran 11 indicadores agrupados en 3 subíndices de primer nivel, a saber: 1) oferta de infraestructura y de servicios de telecomunicaciones, 2) adopción por los clientes finales y 3) la intensidad de uso de las líneas a las que se accede. Por su parte, el Índice de preparación en red (NRI, Networked Readiness Index) fue formulado por el Foro Económico Mundial (WEF, en inglés), fue publicado por primera vez en el año 2003, para medir el grado en que una sociedad está preparada para hacer un buen uso de la infraestructura TIC y de los contenidos digitales asequibles. El NRI está conformado por 4 subíndices (entorno, preparación, uso e impacto). La OCDE publica 15 indicadores que se extraen de diversas publicaciones y bases de datos producidas por la Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación de esa organización.

<sup>6</sup> Katz y Calorda (2015) en su estudio "Impacto de arreglos institucionales en la digitalización y el desarrollo económico de América Latina" estiman un índice que permite inferir el diferente posicionamiento en materia de digitalización de los países de América Latina. Así también véase Reporte de Indicadores de Telecomunicaciones para países de América Latina de 2020 del Centro de Estudios del IFT, el cual se elaboró con cifras estadísticas de 2019 Disponible en: <https://centrodeestudios.ift.org.mx/admin/files/indicadores/1627332188.pdf>

<sup>7</sup> Véase pie de página anterior.

En este sentido, el progreso de México de los últimos años lo ha llevado a posicionarse junto a países como Argentina, Colombia, Costa Rica y Panamá, siendo este el segundo grupo de los cuatro por nivel de desarrollo. Este es un indicativo de que el trabajo realizado en México a partir de la reforma en telecomunicaciones del año 2013 ha reportado beneficios tangibles, fomentándose una mayor competencia en el sector y una reducción de los precios<sup>8</sup> de los diferentes servicios fijos y móviles de las TIC's.

### Información estadística

La muestra estudiada se integra por 14 países de América Latina, a saber: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana y Uruguay. Las fuentes de los indicadores estadísticos son: la consultora OMDIA<sup>9</sup> (World Cellular Information Service y el World Broadband Information Service), la base de datos de GSMA Intelligence<sup>10</sup>, el Banco de Información de Telecomunicaciones (BIT)<sup>11</sup> del IFT y Speedtest Global Index.<sup>12</sup>

Para el ejercicio que se presenta en este reporte, se utilizan doce indicadores de telecomunicaciones actualizados al cuarto trimestre del año 2021. En el Cuadro 1 a continuación, se enlistan los indicadores, incluyendo la fuente de la cual fueron obtenidos. Con una X se señala a aquellos indicadores utilizados en el Reporte de Indicadores de Telecomunicaciones para países de América Latina del año 2020. Es decir, el presente Reporte adicional al análisis comparativo para 2021, realiza una comparación dinámica del avance reportado en el periodo 2019-2021.

**Cuadro 1.** Descripción de los indicadores

Categoría	Indicador	Fuente	Disponible en 2019
Fijo	<i>Penetración de accesos de banda ancha fija</i>	Omdia	X
	<i>Porcentaje de accesos del servicio fijo de acceso a Internet por medio de fibra óptica</i>	BIT-IFT	
	<i>Penetración de voz fija</i>	Omdia	X
Móvil	<i>Teledensidad de conexiones de banda ancha móvil por cada 100 habitantes.</i>	GSMA	X

<sup>8</sup><http://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/entre-2016-y-2021-la-renta-mensual-real-promedio-de-internet-fijo-single-play-disminuyo-entre-30-y>

<sup>9</sup><https://omdia.tech.informa.com/>

<sup>10</sup><https://www.gsmainelligence.com/>

<sup>11</sup><http://www.ift.org.mx/>

<sup>12</sup><https://www.speedtest.net/global-index>

	<i>Teledensidad de líneas de telefonía móvil por cada 100 habitantes.</i>	GSMA	X
	<i>Porcentaje de conexiones de telefonía móvil que se realizan con smartphone respecto del total de dispositivos.</i>	GSMA	
	<i>Porcentaje de conexiones de banda ancha móvil con tecnología de red 4G.</i>	GSMA	
Banda ancha (indicadores de calidad)	<i>Velocidad de descarga de banda ancha fija en mbps.</i>	Speedtest	
	<i>Velocidad de descarga de banda ancha móvil en Mbps,</i>	Speedtest	
Adopción digital	<i>Penetración de OTT (Over The Top) video</i>	Omdia	
	<i>Conexiones activas de Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) por cada 100 habitantes</i>	Omdia	
TV restringida	<i>Penetración de TV restringida</i>	Omdia	X

**Cuadro 2.** Indicadores de telecomunicaciones 2021<sup>13</sup>

País	Penetración de accesos de BAF	Porcentaje de accesos del servicio fijo de acceso	Penetración de voz fija	Teledensidad de conexiones de banda	Teledensidad de líneas de telefonía móvil	Porcentaje de conexiones de	Porcentaje de conexiones de BAM con tecnología de red 4G	Vel. de descarga de BAF en Mbps	Vel. de descarga de BAM en Mbps	Penetración de OTT video	Conexiones activas de IoT por cada 100 habitantes	Penetración de TV restringida
Argentina	70	11	48	107	128	73	64	38	20	68	10	69
Bolivia	37	19	20	79	112	78	54	24	16	17	2	18
Brasil	66	31	47	101	105	86	86	88	24	61	16	26
Chile	88	7	53	134	141	72	77	189	16	80	8	65
Colombia	57	14	48	110	127	67	48	60	13	43	4	42
Costa Rica	83	3	65	126	150	80	31	51	17	31	2	58
Ecuador	54	20	52	88	93	81	59	34	20	38	1	33
<b>México</b>	62	25	68	84	92	68	43	39	22	85	4	58
Nicaragua	40	2	32	106	122	77	15	29	17	23	4	47

<sup>13</sup> Las cifras de indicadores correspondientes a 2019 se encuentran en: Reporte de Indicadores de Telecomunicaciones para países de América Latina de 2020 del Centro de Estudios del IFT. Disponible en: <https://centrodeestudios.ift.org.mx/admin/files/indicadores/1627332188.pdf>

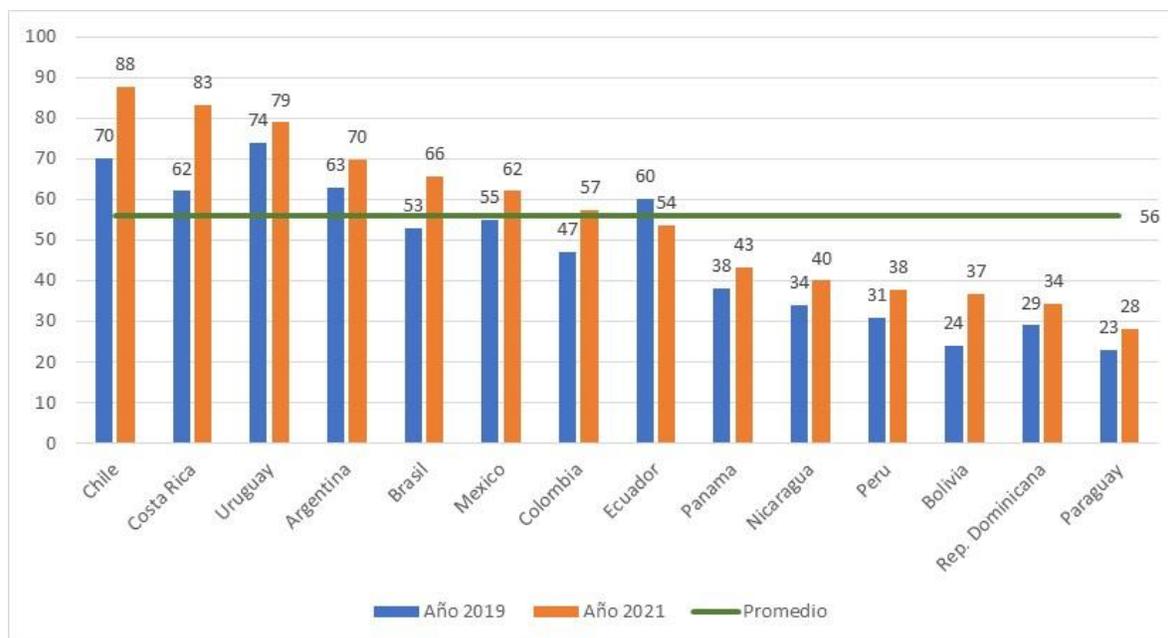
Panamá	43	23	87	91	114	74	61	95	17	35	1	59
Paraguay	28	6	15	83	99	80	45	55	16	19	2	46
Perú	38	18	26	96	115	65	50	43	15	38	2	31
Rep. Dom.	34	26	35	71	82	70	31	16	17	18	3	25
Uruguay	79	64	76	131	158	76	63	86	32	50	16	55

**Fuente:** Elaboración propia a partir de las cifras del World Cellular Information Service y del World Broadband Information Service de la consultora OMDIA (Knowledge Center), GSMA Intelligence, el Banco de Información de Telecomunicaciones del IFT y Speedtest Global Index.

## Panorama del desarrollo digital en América Latina a partir de los indicadores estimados

La Gráfica 1 presenta la variable de penetración de accesos de banda ancha fija para cada uno de los 14 países incluidos en el Reporte. Se observa que existe un incremento en la penetración de accesos de banda ancha fija para 13 de los 14 países de la región, exceptuando a Ecuador. Costa Rica y Chile son los países que presentan un mayor dinamismo en el periodo, con incrementos de 21 y 18 puntos porcentuales, respectivamente. Es así como Chile ocupa el primer puesto con una penetración de 88 accesos de banda ancha fija por cada 100 hogares; en tanto Costa Rica llega a 83 accesos por cada 100 hogares. México ocupa la sexta posición con una penetración de 62 accesos por cada 100 hogares y un incremento de la penetración de 7 puntos porcentual respecto de lo registrado en 2019. Por su parte, República Dominicana y Paraguay con penetraciones de 34 y 28 accesos acusan el mayor rezago. El promedio de la región es de 56 accesos de banda ancha fija por cada 100 hogares en 2021.

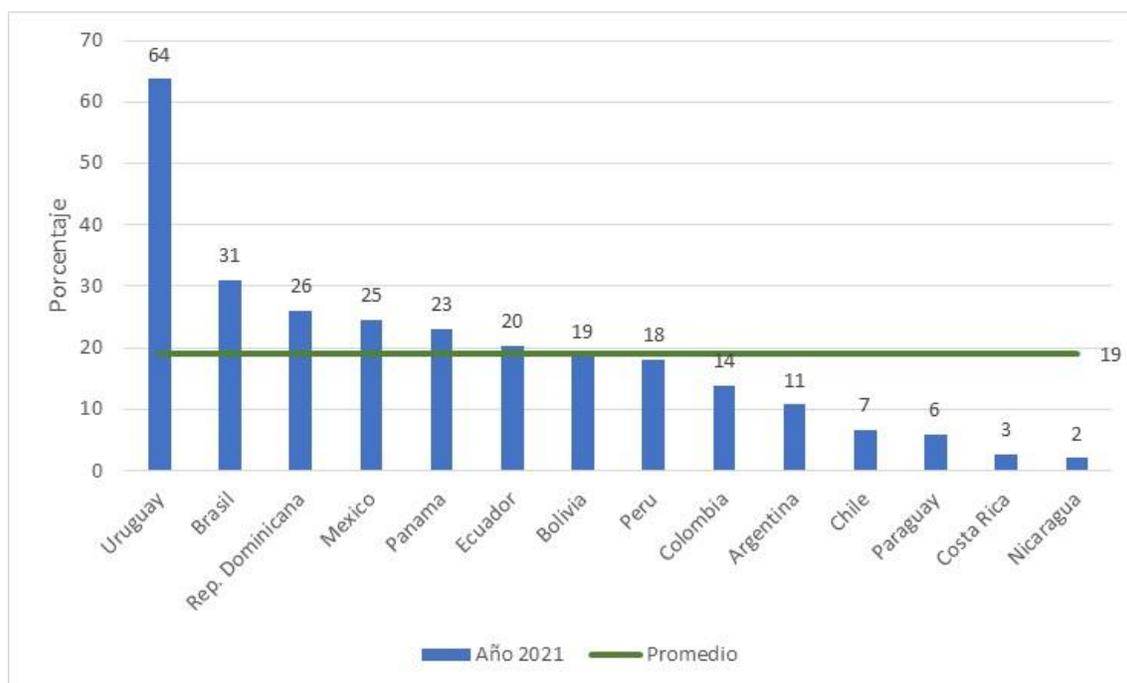
**Gráfica 1.** Penetración de accesos de banda ancha fija, 2019 y 2021



El porcentaje de accesos del servicio fijo de acceso a Internet por medio de fibra óptica refleja la calidad y la actualización de las redes fijas. Dentro de los países de la muestra es Uruguay el que presenta el mejor avance con un porcentaje del 64 por ciento, seguido de Brasil con 31 por ciento. El promedio de la región es 19 por ciento. En tanto que en México el porcentaje es de 25 por ciento (ver Gráfica 2)<sup>14</sup>, más de 30% mayor que el promedio latinoamericano.

Costa Rica y Nicaragua presentan un menor avance en la prestación de servicio fijo de acceso a Internet por medio de fibra óptica con 3% y 2% del total de los accesos, respectivamente.

**Gráfica 2.** Porcentaje de accesos del servicio fijo de acceso a Internet por medio de fibra óptica, 2021



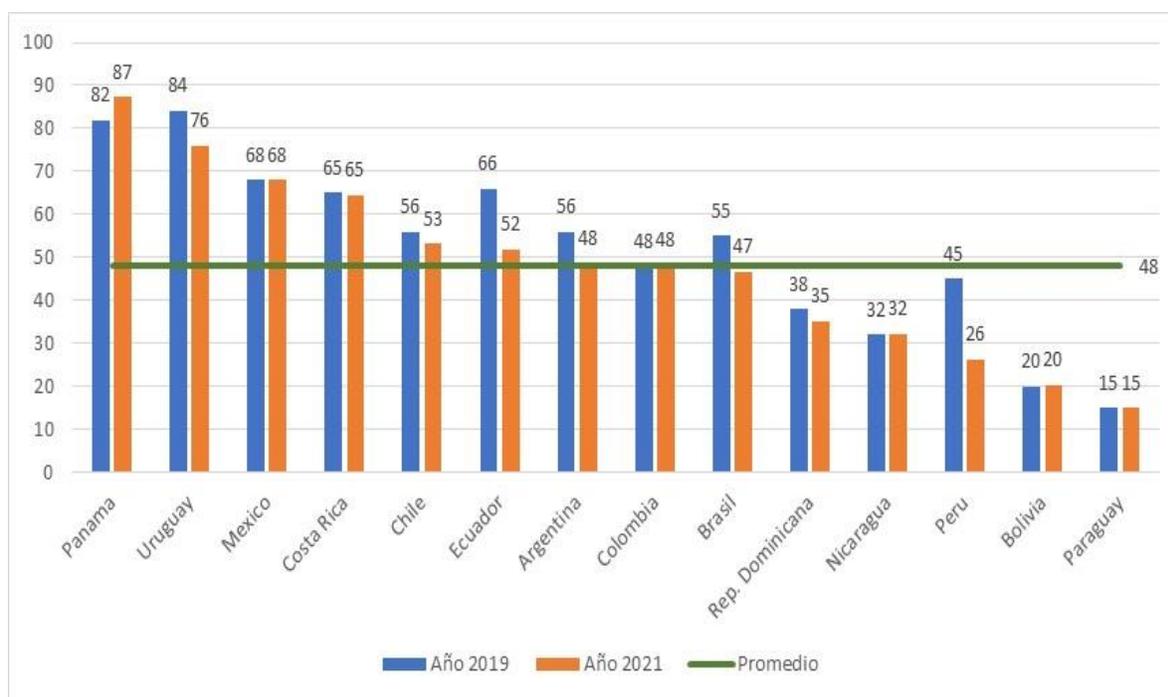
La Gráfica 3 muestra los datos al cuarto trimestre de 2021 de la variable de penetración de voz fija por hogares. De la misma manera se presentan los datos correspondientes al año 2019. Se observa que Panamá alcanza una penetración

<sup>14</sup>

[https://bit.ift.org.mx/SASVisualAnalyticsViewer/VisualAnalyticsViewer\\_quest.jsp?reportSBIP=SBIP%3A%2F%2FMETASERVER%2FShared%20Data%2FASAS%20Visual%20Analytics%2FReportes%2FIndicadores%20Internacionales\(Report\)&page=vi124825&sso\\_quest=true&informationEnabled=false&commentsEnabled=false&alertsEnabled=false&reportViewOnly=true&reportContextBar=false&shareEnabled=false](https://bit.ift.org.mx/SASVisualAnalyticsViewer/VisualAnalyticsViewer_quest.jsp?reportSBIP=SBIP%3A%2F%2FMETASERVER%2FShared%20Data%2FASAS%20Visual%20Analytics%2FReportes%2FIndicadores%20Internacionales(Report)&page=vi124825&sso_quest=true&informationEnabled=false&commentsEnabled=false&alertsEnabled=false&reportViewOnly=true&reportContextBar=false&shareEnabled=false)

de 87 suscriptores por cada 100 hogares, por encima de los 82 en 2019. En tanto que Uruguay con 76 suscriptores por cada 100 hogares se ubica en la segunda posición. Bolivia y Paraguay presentan los menores valores con 20 y 15 suscriptores por cada 100 hogares respectivamente; estos son los países con mayor rezago. México con 68 suscriptores por cada 100 hogares se encuentra en la tercera posición, la misma cifra que en 2019, y muy por encima del promedio de la región, el cual asciende a 48 suscripciones por cada 100 hogares. Cabe destacar que en la medida que se incrementa el uso de los servicios de banda ancha (fija y móvil) a nivel mundial se observa una caída en la penetración de los servicios fijos de voz, no así en México.

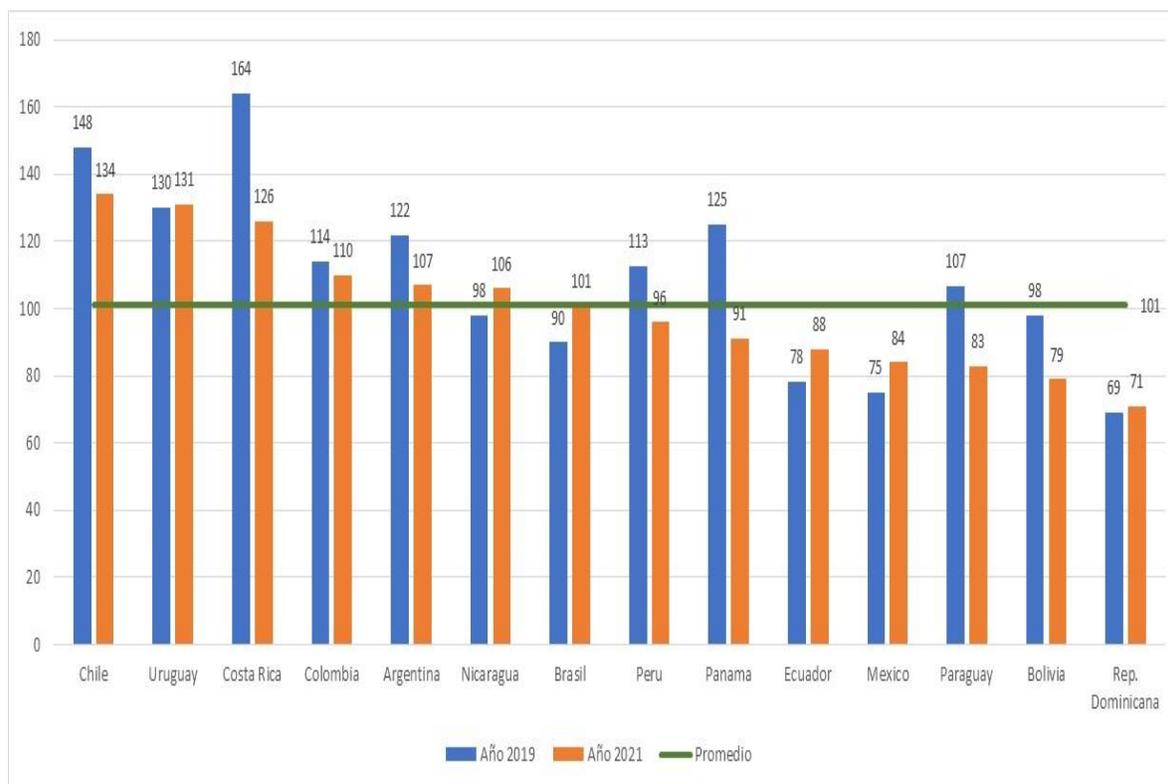
**Gráfica 3.** Penetración de voz fija, 2019 y 2021



La Gráfica 4 muestra los datos actualizados a 2021 de la variable de teledensidad de conexiones de banda ancha móvil, así como las cifras correspondientes al año 2019. En este caso Chile ocupa el primer lugar con 134 conexiones por cada 100 habitantes, seguido de Uruguay y Costa Rica con 131 y 126 conexiones de banda ancha móvil por cada 100 habitantes, respectivamente. En el extremo opuesto se encuentran Bolivia y República Dominicana con 79 y 71 conexiones por cada 100 habitantes, respectivamente. El promedio de la muestra de 14 países es de 101 conexiones de banda ancha móvil por cada 100 habitantes. México cuenta con 84 conexiones por cada 100 habitantes, 9 puntos porcentuales más que en 2019, año en que se registró una penetración de banda ancha móvil de 75.

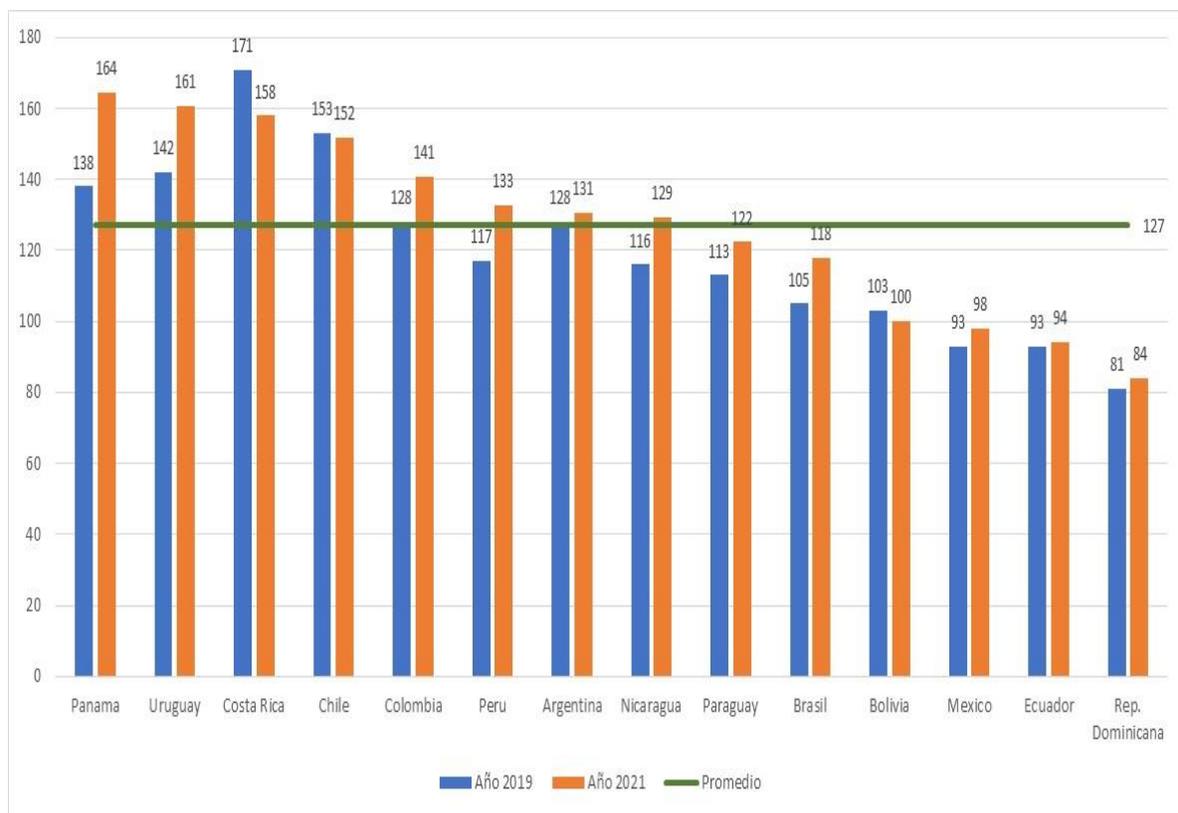
Cabe destacar que la teledensidad de banda ancha móvil presenta en lo general un retroceso en el periodo, solamente en Uruguay (de 130 a 131), Brasil (90 a 101), Nicaragua (98 a 106), Ecuador (78 a 88) y México (75 a 84) se observa un avance.

**Gráfica 4.** Teledensidad de conexiones de banda ancha móvil por cada 100 habitantes, 2019 y 2021



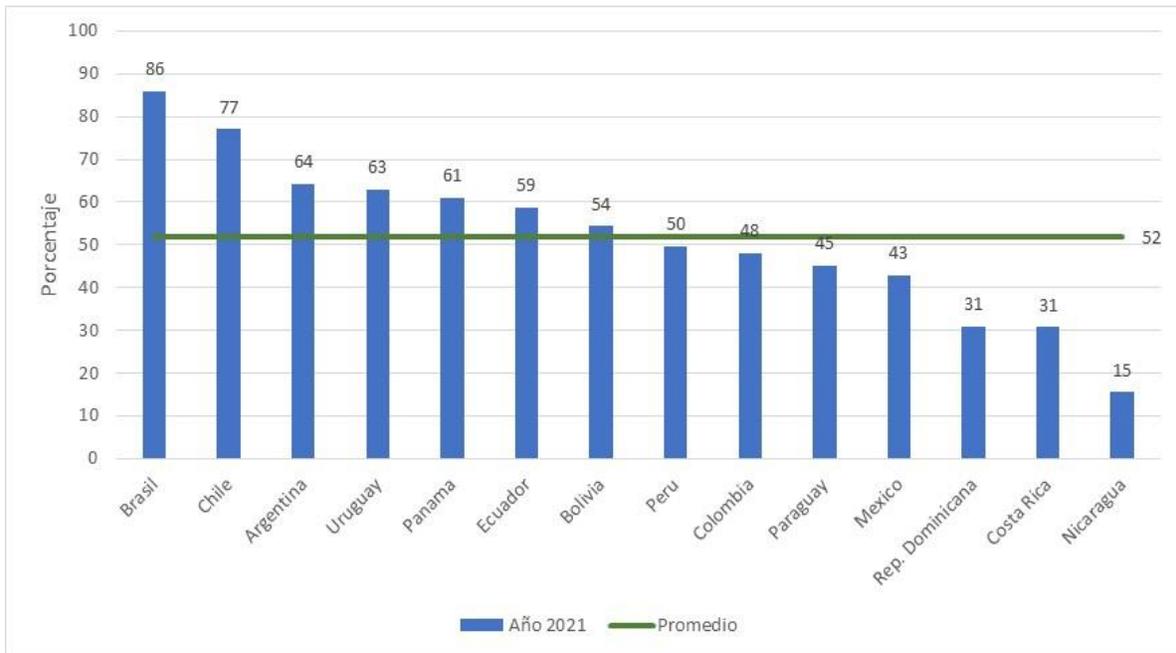
Los datos de teledensidad de líneas de telefonía móvil por cada 100 habitantes se muestran en la Gráfica 5. Panamá cuenta con la teledensidad más alta de la región con 164 líneas por cada 100 habitantes, superior al registrado por ese mismo país en 2019 (138). Le sigue Uruguay y Costa, con 161 y 158 líneas de telefonía móvil por cada 100 habitantes, respectivamente. México reporta 98 líneas por cada 100 habitantes, cifra superior a las 93 registradas en 2019. República Dominicana con 84 líneas por cada 100 habitantes muestra el mayor rezago de la región. Todos los países de la muestra, salvo Bolivia, muestran un aumento en esta variable, alcanzando un valor promedio de la región de 127.

**Gráfica 5.** Teledensidad de líneas de telefonía móvil por cada 100 habitantes, 2019 y 2021



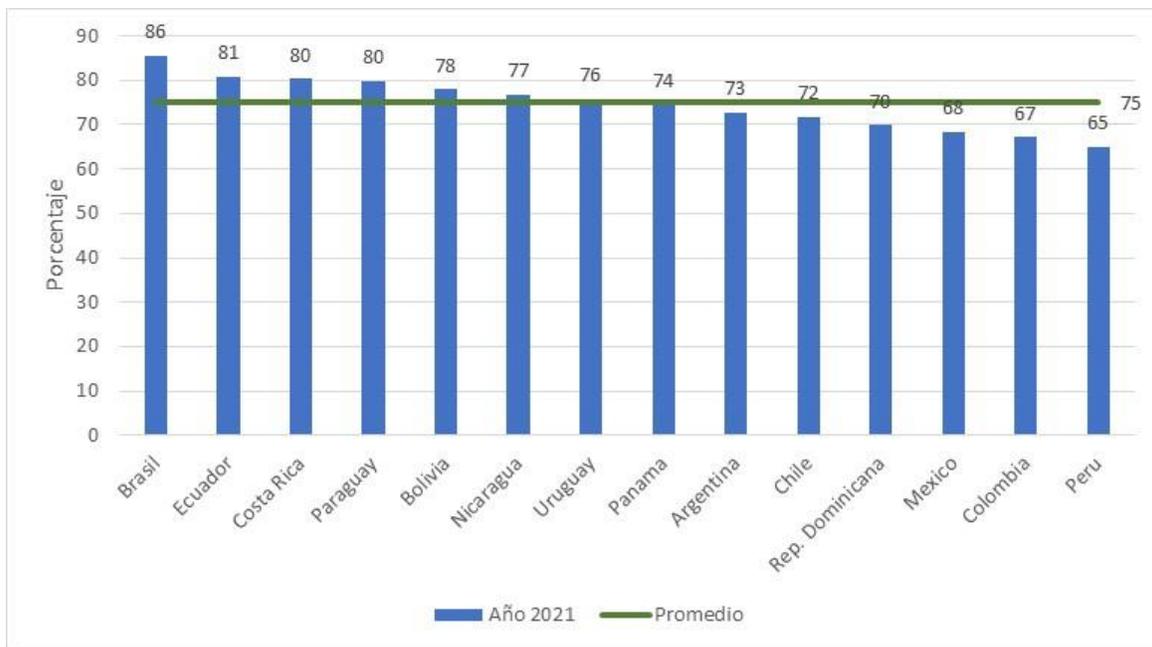
El porcentaje de conexiones de banda ancha móvil que cuentan con tecnología de red 4G se presenta en la Gráfica 6. Esta muestra a Brasil en el primer puesto con 86 por ciento, seguido de Chile con 77 por ciento; por su parte México presenta el 43 por ciento. Costa Rica (31%) y Nicaragua (15%) registran los porcentajes más bajos. Las redes 4G y 5G facilitan la utilización de otras tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial o el Big Data, que juntas tienen un impacto transversal en aspectos como la automatización de procesos industriales, el transporte inteligente y autónomo, la tele-educación, la tele-medicina, el entretenimiento a través de realidad virtual y realidad aumentada, el gobierno electrónico y el comercio electrónico, entre muchas otras aplicaciones. Cabe destacar que actualmente se inician ya en algunos países el despliegue de redes de 5G, incluyendo a México, donde han iniciado despliegues en 18 ciudades.

**Gráfica 6.** Porcentaje de conexiones de Banda Ancha Móvil con tecnología de red 4G, 2021



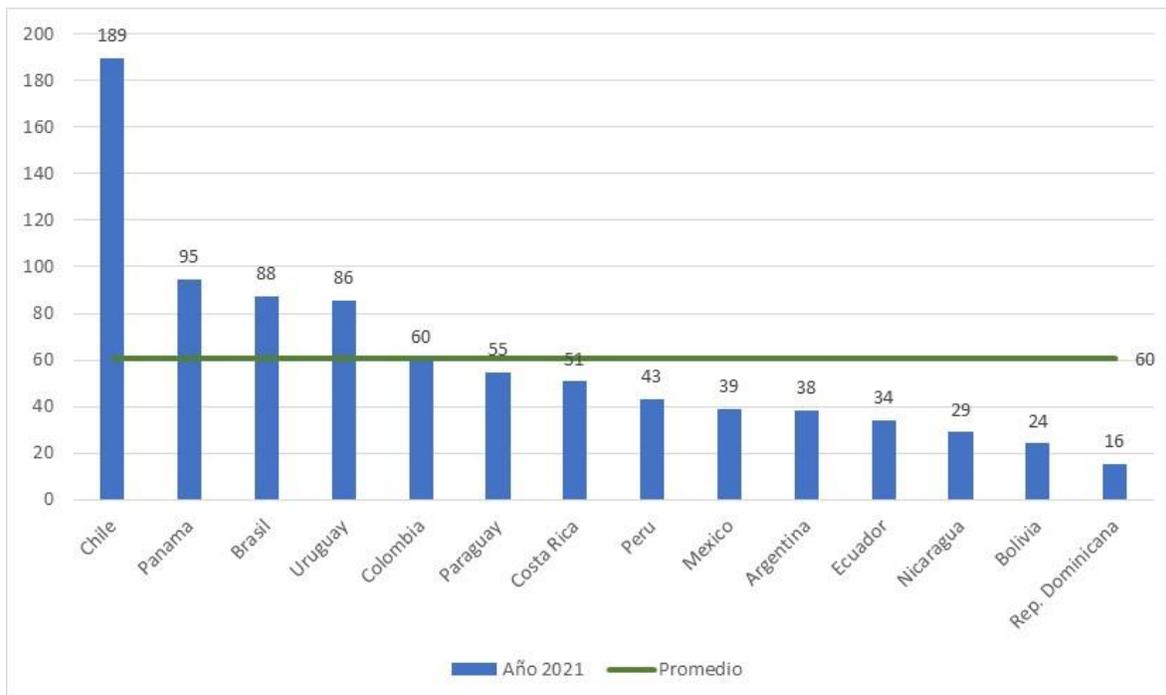
La Gráfica 7 presenta el porcentaje de conexiones de telefonía móvil que se realizan con smartphone respecto del total de dispositivos. Brasil y Ecuador presentan los porcentajes más elevados con 86 y 81 por ciento, respectivamente. México tiene un porcentaje del 68 por ciento. El promedio de la región es de 75 por ciento.

**Gráfica 7.** Porcentaje de conexiones de telefonía móvil con smartphone



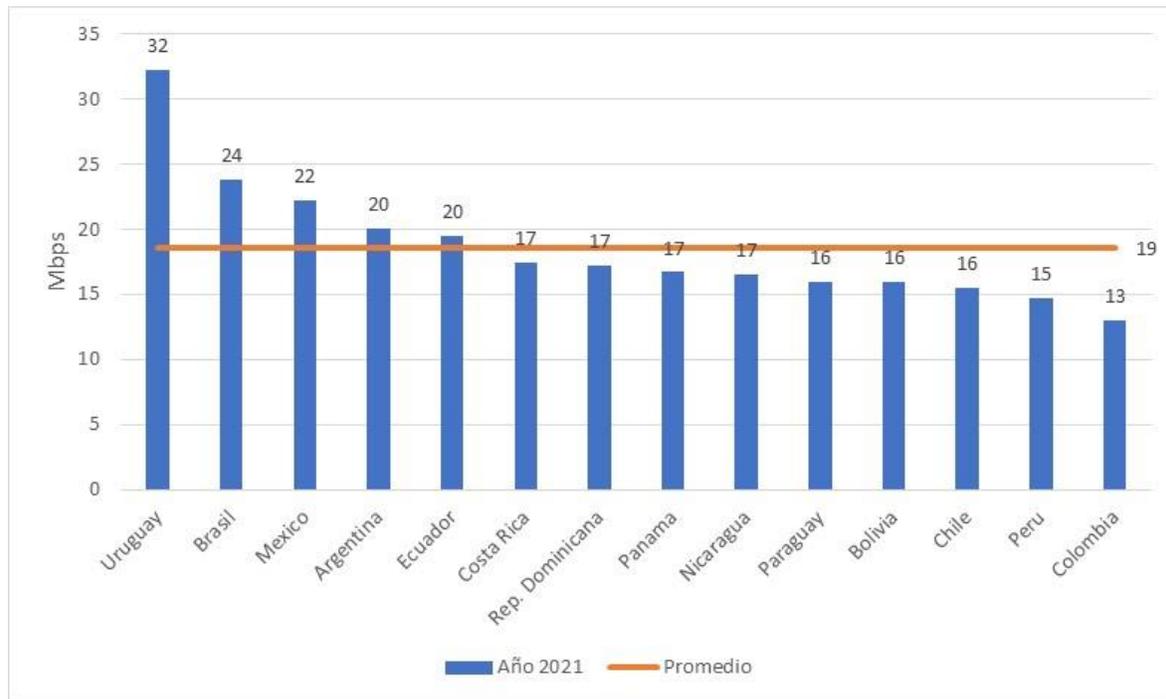
La Gráfica 8 presenta un indicador de calidad en el servicio de Internet, la velocidad de descarga de la banda ancha fija en megabytes por segundo (Mbps). Chile presenta la velocidad más elevada con 189 Mbps, seguido de Panamá y Brasil con 95 y 88 Mbps, respectivamente. México presenta una velocidad de 39 Mbps. El promedio de la muestra de 14 países es de 60 Mbps.

**Gráfica 8.** Velocidad de descarga de la banda ancha fija en Mbps



En la Gráfica 9 se muestra otro indicador de calidad: la velocidad de descarga en Mbps para la banda ancha móvil. En este caso, México destaca con un valor promedio de 22 Mbp, solo atrás de Uruguay que ocupa el primer sitio con 32 Mbps, y Brasil en el segundo, con 24 Mbps. . El promedio para los 14 países es de 19 Mbps.

**Gráfica 9.** Velocidad de descarga de banda ancha móvil en Mbps

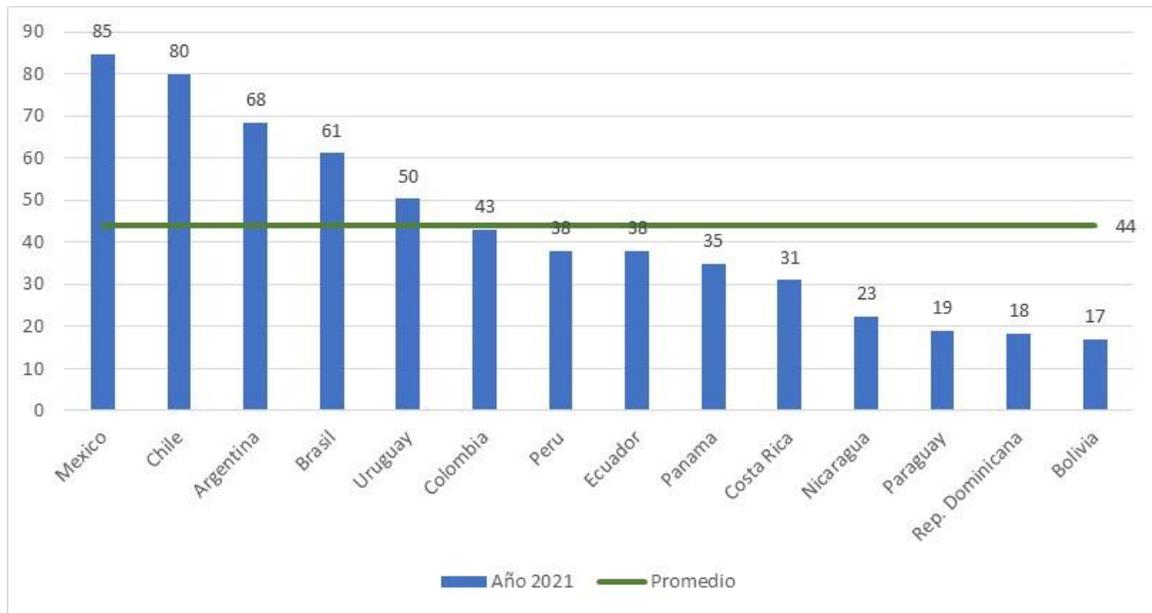


La penetración de video OTT se muestra en la Gráfica 10. De acuerdo con estas cifras, México con 85 suscripciones por cada 100 hogares cuenta con la mayor penetración en la región. En el caso mexicano, los servicios OTT se han impulsado a través de una serie de estrategias comerciales que algunos operadores han realizado. A raíz de la pandemia, el consumo de servicios de video OTT ha aumentado con tasas de crecimiento trimestral de hasta doble dígito, debido a la agregación de estos servicios y la simplificación de la experiencia del consumidor. Los operadores de televisión restringida han integrado estos servicios a sus ofertas, medida que se ha acelerado sobre todo en operadores que también ofrecen servicios de Internet, así como de servicios de transmisión de video bajo la marca de los propios operadores.<sup>15</sup>

Chile con 80 se encuentra en la segunda posición. En el otro extremo están República Dominicana y Bolivia con 18 y 17 suscripciones por cada 100 hogares, respectivamente. El promedio de la región es de 44 suscripciones por cada 100 hogares.

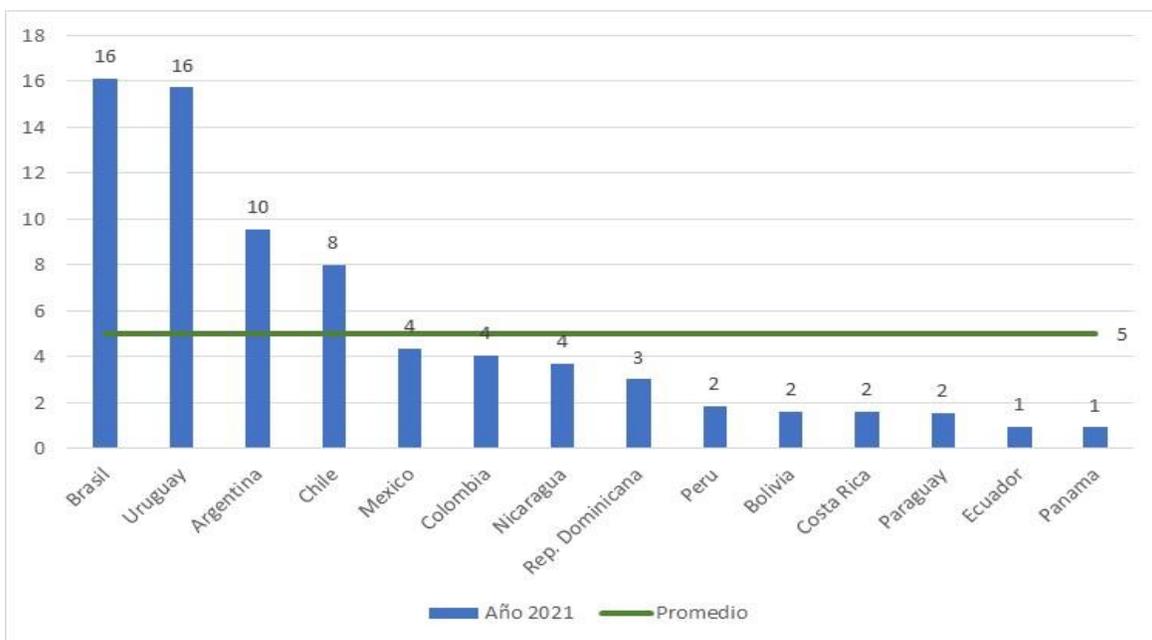
**Gráfica 10.** Penetración de OTT video, 2021

<sup>15</sup> Véase: IFT, 2022. Pronósticos de los servicios de telecomunicaciones.



En la Gráfica 11 se presenta un indicador de transformación digital: conexiones activas de IoT por cada 100 habitantes. En este caso Brasil y Uruguay comparten el primer sitio con una penetración de 16 suscripciones por cada 100 habitantes. México se encuentra en la quinta posición con 4 suscripciones por cada 100 habitantes. En tanto que Ecuador y Panamá cuentan con 1 suscripción por cada 100 habitantes. El promedio de la región es de 5 conexiones activas por cada 100 habitantes.

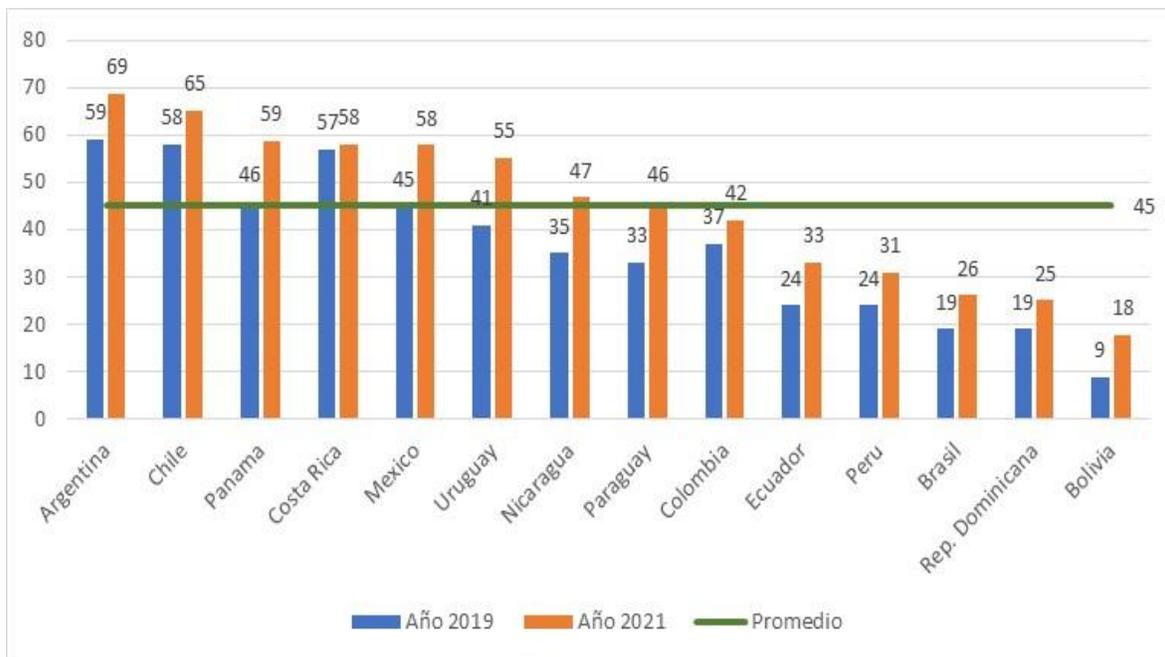
**Gráfica 11.** Conexiones activas de IoT por cada 100 habitantes



La variable de penetración de TV restringida por hogares se muestra en la Gráfica 12. Al igual que para los indicadores anteriores en la misma gráfica se incluyen los datos correspondientes al año 2019. La primera posición es ocupada por Argentina con una penetración de 69 suscripciones por cada 100 hogares, superior a la reportada en 2019 igual a 59 suscripciones por cada 100 hogares. Le sigue Chile con 65 suscripciones de TV restringida por cada 100 hogares, por encima de las 58 de 2019. En el otro extremo se encuentran República Dominicana (25) y Bolivia (18). México con 58 suscripciones por cada 100 hogares se encuentra por encima del promedio de la región y del dato presentado hace dos años, el cual en ambos casos es de 45 suscripciones por cada 100 hogares.

En el periodo analizado los países que registraron mayor dinamismo son Uruguay, México y Panamá, con incrementos de 14 13 y 13 puntos porcentuales respectivamente.

Gráfica 12. Penetración de TV restringida, 2019 y 2021



Determinación de agrupamientos según la disponibilidad de los servicios de telecomunicaciones en los países.

Para integrar grupos de países con un avance similar en cuanto a su equipamiento tomando en cuenta los doce indicadores de telecomunicaciones descritos en el

Cuadro 1, se usa la técnica de partición conocida como K-Medias<sup>16</sup>. Dicha técnica es aceptada generalmente por la robustez de sus resultados y por utilizar la distancia entre los datos para saber si éstos son parecidos o diferentes entre sí. La técnica permite identificar los países que son relativamente homogéneos entre sí, con base en la disponibilidad actual de los doce indicadores de telecomunicaciones de manera simultánea, formando grupos integrados por países con la mayor similitud entre sí, pero diferentes respecto a otros grupos definidos.

En el análisis se emplea una segunda técnica de agrupamiento, el método Ward<sup>17</sup>. El empleo de dos técnicas diferentes permite contrastar los resultados y tener mayor solidez en las conclusiones. Para una mayor descripción véase el Anexo Estadístico al final del documento.

A partir de este ejercicio estadístico, se definieron cuatro grupos o clústers como el número óptimo a considerar. Para llegar a esta conclusión se utiliza una gráfica conocida como *screeplot* la cual se muestra en el Anexo Metodológico. La idea consiste en que aquella parte de la gráfica en donde se muestre un quiebre será un indicativo de que la calidad del modelo comienza a aumentar de manera más lenta conforme aumenta el número de clústers. Es decir, la calidad del modelo ya no se incrementará de manera sustancial conforme aumenta su complejidad (i.e. el número de clústers).

Los agrupamientos integrados a partir de los 12 indicadores de los 14 países se reportan en el Cuadro siguiente:

**Cuadro 3.** Países según agrupamiento, resultado 2021

Agrupamiento	Países
1	Chile
2	Argentina, Colombia, Costa Rica, <b>México</b> , Panamá
3	Brasil, Uruguay
4	Bolivia, Ecuador, Nicaragua, Paraguay, Perú, República Dominicana

La metodología empleada permite establecer que en estos cuatro clústers de países los miembros de cada grupo exhiben niveles similares de equipamiento de servicios de telecomunicaciones fijas y móviles, de indicadores de calidad del servicio de Internet y de adopción digital.

<sup>16</sup> Para una descripción detallada, véase: Peña, D., 2002. Análisis de Datos Multivariantes, McGraw Hill.

<sup>17</sup> El segundo método se trata de una técnica jerárquica conocida como método Ward. La idea de ambas técnicas es que aquellas naciones que compartan características semejantes estarán juntas en un mismo grupo, y a su vez, separadas de los otros grupos definidos. En función de los resultados que generan ambas técnicas, se consideró que el método de K-Medias es el más apropiado para el análisis.

Así, por ejemplo, México comparte un nivel de desarrollo en telecomunicaciones similar a Argentina o Colombia considerando el agregado de los indicadores; pero no así con Chile o Uruguay. Cabe destacar que las técnicas de agrupamiento permiten integrar en grupos a los países con niveles similares de avance o rezago, pero no dan un orden.

Para ordenar los agrupamientos en cuanto al nivel de desarrollo alcanzado con base en los indicadores elegidos, se construye un índice con base en la suma de las doce variables estandarizadas<sup>18</sup> para cada país y grupo. El índice toma un mayor valor en la medida que el nivel relativo de cada país es más elevado. El signo negativo del índice sugiere un nivel promedio inferior a la media de los 14 países de la muestra al considerar los doce indicadores de manera conjunta. Asimismo, se hace un comparativo con los resultados obtenidos para este mismo índice de variables estandarizadas en el Reporte de Indicadores de Telecomunicaciones para países de América Latina realizado en el año 2020<sup>19</sup>. Cabe recordar que el estudio del año 2020 incluye a la misma muestra de 14 países, pero únicamente cinco indicadores de telecomunicaciones.

Los resultados indican que el clúster formado exclusivamente por Chile tiene el índice más alto de los cuatro grupos, el cual es igual a 11.3 (ver Cuadro 4), esta cifra indica que Chile ha alcanzado un mayor nivel de avance relativo. En el caso del clúster que conforman Argentina, Colombia, Costa Rica, México y Panamá este grupo tiene un índice igual a 10.4, en un segundo nivel de avance respecto a las 12 variables en su conjunto. Por otra parte, en un tercer nivel de avance, el clúster integrado por Brasil y Uruguay tiene un índice promedio de 1.4. El grupo formado por Bolivia, Ecuador, Nicaragua, Paraguay, Perú y República Dominicana presentan el mayor rezago, con un índice promedio de -6.1. Los países que conforman este grupo se encuentran en muchas ocasiones por debajo de la media regional en la mayoría de los doce indicadores de telecomunicaciones, y acusan un rezago con respecto a los países mejor equipados de la región.

Aunado a lo anterior, el análisis se enriquece si se toma en consideración un indicador del nivel de bienestar social de la población. Específicamente se emplea en este reporte el Índice de Desarrollo Humano del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo<sup>20</sup> (IDH, por sus siglas), el cual mide el nivel de desarrollo de cada país atendiendo a variables como la esperanza de vida, la educación o el ingreso per cápita.

---

<sup>18</sup> La estandarización consiste en una transformación lineal de las seis variables con objeto de que tengan un promedio de cero y una desviación estándar igual a uno. Este proceso es necesario para poder sumar variables expresadas en unidades diferentes.

<sup>19</sup> <https://centrodeestudios.iff.org.mx/admin/files/indicadores/1627332188.pdf>

<sup>20</sup> <http://hdr.undp.org/en/content/2019-human-development-index-ranking>

Para cada agrupamiento se obtiene el promedio del IDH de los países que integran a cada clúster (ver Cuadro 4). El primer clúster con Chile tiene un IDH igual a 0.847.

Por su parte, el segundo clúster que conforman Argentina, Colombia, Costa Rica, México y Panamá, tiene un IDH promedio igual a 0.789. El tercer clúster incluye a Brasil y Uruguay, y su IDH promedio es igual 0.784. Finalmente, Bolivia, Ecuador, Nicaragua, Paraguay, Perú y República Dominicana conforman el cuarto clúster con un IDH promedio de 0.723.

El índice de correlación resultante entre ambos índices es igual a 0.885. En suma, se observa que los países que en general presentan los mejores indicadores de avance en las telecomunicaciones también presentan un mayor desarrollo humano.

**Cuadro 4.** Comparativo de países según agrupamiento e índices, 2019 y 2021

Agrupamiento y nivel de desarrollo en telecomunicaciones		Grupos 2021	Índice de variables estandarizadas 202	Índice de Desarrollo Humano 2019	Grupos 2019	Índice de variables estandarizadas 2019
1	Alto	Chile	11.3	0.847	Argentina, Chile, Costa Rica, Panamá, Uruguay	24.5
2	Medio alto	Argentina, Colombia, Costa Rica, <b>México</b> , Panamá	10.4	0.789	Brasil, Ecuador, <b>México</b>	1.1
3	Medio	Brasil, Uruguay	1.4	0.784	República Dominicana	-9.1
4	Bajo	Bolivia, Ecuador, Nicaragua, Paraguay, Perú, República Dominicana	-6.1	0.723	Bolivia, Colombia, Perú, Paraguay, Nicaragua	-16.5

## Conclusiones

El presente Reporte permite obtener una perspectiva del desarrollo relativo de México respecto a otros países de la región de América Latina en materia de telecomunicaciones. Lo anterior, mediante un análisis de doce variables de penetración de servicios o de tecnologías del sector de las telecomunicaciones utilizando dos técnicas de agrupamiento de clústers: el método de K-medias y el método Ward. El uso de estas técnicas genera resultados robustos. Aunado a ello, se opta por seleccionar cuatro clústers o agrupamientos.

El reporte permite establecer que México ha alcanzado un nivel de desarrollo de las telecomunicaciones más elevado que el promedio de América Latina. Se posiciona en un segundo grupo de desarrollo, junto con Argentina, Colombia, Costa Rica y Panamá, sólo después de Chile, que es que presenta un mayor avance.

Específicamente en el caso de Chile en los últimos años se ha desplegado un programa robusto para aumentar la penetración de las tecnologías móviles y el despliegue de redes de banda ancha fija de alta velocidad a través de distintas iniciativas como son los proyectos Fibra Óptica Austral<sup>21</sup> y Fibra Óptica Nacional<sup>22</sup>, buscando mejorar el acceso a conectividad a más de 3.5 millones de usuarios. Por su parte, Argentina, por medio de ARSAT, ha desplegado 34.500 kilómetros de fibra óptica a lo largo y ancho del país<sup>23</sup>. En Colombia a través del Proyecto Nacional de Fibra Óptica se han beneficiado a 788 municipios y a 2000 instituciones públicas para un total de 4.6 millones de personas beneficiadas<sup>24</sup>.

El reporte permite inferir que existe una elevada correlación entre el nivel de vida de la población y el avance tecnológico reportado.

La creciente importancia de las telecomunicaciones en las actividades económicas y en el nivel de vida de las personas hace imperativo cerrar la brecha en el equipamiento de los servicios de telecomunicaciones en México.

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio se recomienda continuar el diseño de políticas públicas y regulación para impulsar una mayor penetración de los servicios.

<sup>21</sup> <https://fibraopticaaustral.cl/>

<sup>22</sup> <https://www.wom.cl/fibra-optica-nacional/>

<sup>23</sup> <https://www.arsat.com.ar/red-federal-de-fibra-optica/>

<sup>24</sup> <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Iniciativas/Sector-TIC/125120:Proyecto-Nacional-de-Fibra-Optica>

## ANEXO METODOLÓGICO

### Aplicación de técnicas de agrupamiento a variables de telecomunicaciones de países de América Latina.

El objetivo del presente trabajo es identificar las similitudes o disimilitudes que guardan 14 países de América Latina, incluyendo a México, con respecto al acceso, adopción y penetración de los diferentes servicios de telecomunicaciones. Para la consecución de este objetivo se aplicaron dos técnicas de agrupamiento. La primera es el método Ward, el cual usa una técnica jerárquica que se representa mediante un dendograma<sup>25</sup>, el segundo se refiere a una técnica de partición conocida como K-medias. Ambas técnicas se engloban en lo que se conoce como análisis de clúster, y consisten en integrar casos en grupos homogéneos de acuerdo con sus similitudes.

Para aplicar las técnicas de clúster se estandarizan los datos, por lo que para cada variable se calcula la media y la desviación estándar de cada serie de datos; posteriormente, se resta a cada observación la media y se divide entre la desviación estándar de esa variable<sup>26</sup>. Una vez hecho lo anterior, el primer paso consiste en calcular la Suma de Cuadrados al interior de los Grupos (Sum of Squares Within Groups o SSW por sus siglas en inglés) para los grupos. Posteriormente se grafica la SSW con respecto al número de grupos para minimizar la SSW. A este tipo de gráfica se le conoce como *Screeplot* (Gráfica A1), y permite determinar, de una forma visual, el número de clústers óptimo a utilizar. La regla consiste en observar en qué parte se rompe la estructura de la curva para volverse cada vez más plana. Una vez que se tiene el número de clústers se procede al agrupamiento de los países.

La primera técnica de agrupamiento que se utiliza es la *jerárquica* mediante el método Ward<sup>27</sup>, la cual arroja un dendograma. Posteriormente, se emplea la técnica de partición mediante la utilización del algoritmo de K-Medias, la cual arroja un agrupamiento.

<sup>25</sup> Dendograma. Gráfico que muestra en qué orden se han unido los clústers y cuál es el grado de proximidad que tienen los mismos. Tan, P.-N., Steinbach, M., and Kumar, V. *Introduction to Data Mining*. Addison-Wesley, 2006.

<sup>26</sup>  $\frac{(x_i - \bar{x})}{\text{Std.Dev.}(x)}$

<sup>27</sup> Peña, D., 2002. *Análisis de Datos Multivariantes*, McGraw Hill.

## Metodología y Análisis de clústers.

En esta sección se presenta el análisis de clúster que es utilizado en este reporte analítico, iniciando con un gráfico Screeplot<sup>28</sup> (Gráfica A1) el cual es de utilidad para determinar el número de grupos a utilizar. La forma de interpretar la gráfica Screeplot<sup>29</sup> consiste en observar en qué parte se rompe la curva formándose una especie de “codo”, lo cual es indicativo de que la calidad del modelo no se incrementa conforme van aumentando la cantidad de clústers. Es así que la gráfica sugiere trabajar con cuatro clústers, tal y como lo señala el círculo de color rojo que se observa en la gráfica.

Una vez determinado el número de clústers con el cual se va a trabajar se inicia con la aplicación de un método jerárquico conocido como el método Ward<sup>30</sup>. Este método construye una estructura conocida como dendograma, en la cual muestra en qué orden se han unido los clústers y cuál es su grado de proximidad. En este sentido se obtienen dos dendogramas para cada clúster en virtud de que utilizamos dos tipos de distancias en el algoritmo para darle robustez a los resultados: la Euclidiana y la Manhattan. Por una parte, la distancia Euclidiana se refiere a que la distancia más corta que une a dos puntos es una línea recta; en tanto que la distancia Manhattan consiste en que la distancia más corta viene dada por la suma de los dos catetos de un triángulo rectángulo<sup>31</sup>. Los resultados con cuatro clústers al utilizar el método Ward se observan en las Gráficas A2 y A3.

Para dar robustez al análisis técnico, se sustituye la técnica jerárquica por la técnica de partición mediante el algoritmo de K-Medias repitiendo la estimación para cuatro clústers (Gráfica A4). La idea básica detrás del algoritmo de K-medias consiste en definir los agrupamientos de tal manera que la variación intra-grupo sea minimizada. El algoritmo de K-medias se puede resumir de la siguiente forma:

- i. Se especifica el número de clústers (k) que serán utilizados.
- ii. A partir de los datos se seleccionan de forma aleatoria k puntos como los centros iniciales (centroide<sup>32</sup>) o medias.
- iii. Cada observación es asignada al centroide más cercano, basado en la distancia Euclidiana entre el punto y el centroide.
- iv. Para cada uno de los k clústers se actualiza el centroide del clúster por medio del cálculo del nuevo promedio para todos los puntos en el clúster. El centroide de un clúster K es un vector de longitud p que

<sup>28</sup> Screeplot. Diagrama en el cual se grafican los eigenvalores de los factores o de los componentes principales. Se utiliza para determinar el número de factores o componentes principales a mantener. Tan, P.-N., Steinbach, M., and Kumar, V. Introduction to Data Mining. Addison-Wesley, 2006.

<sup>29</sup> <https://campus.datacamp.com/courses/unsupervised-learning-in-r>

<sup>30</sup> Peña, D., 2002. Análisis de Datos Multivariantes, McGraw Hill.

<sup>31</sup> <https://xlinux.nist.gov/dads/HTML/manhattanDistance.html>

<sup>32</sup> El centroide de un clúster se define como el punto equidistante de los objetos pertenecientes a dicho clúster. Tan, P.-N., Steinbach, M., and Kumar, V. Introduction to Data Mining. Addison-Wesley, 2006.

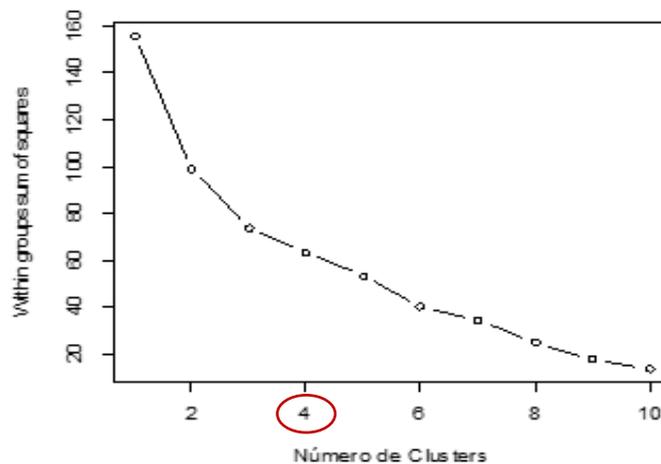
contiene las medias de todas las variables para las observaciones del  $K$ -ésimo clúster,  $p$  se refiere al número de variables.

- v. Se minimiza de forma iterativa el total de la suma de cuadrados. Esto es, se iteran los pasos iii y iv hasta que el clúster deje de cambiar o se alcance el número máximo de iteraciones.

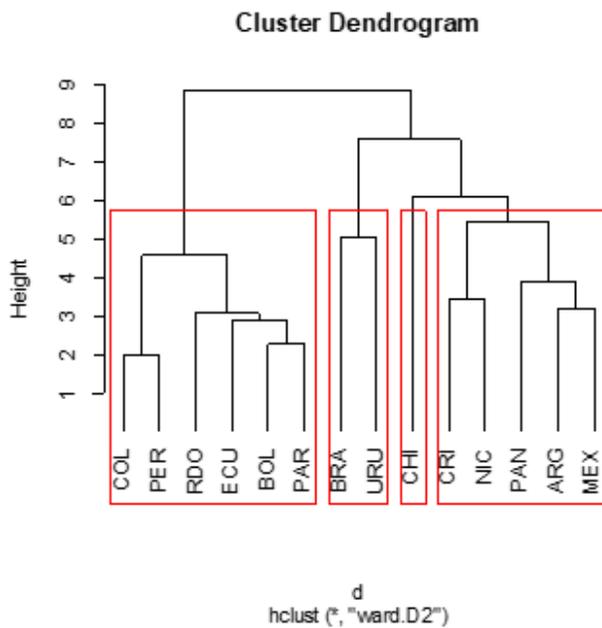
Aplicando este método para definir cuatro *clústers* (Gráfica A4) se observa que en el primer grupo únicamente se encuentra Chile, y en el segundo Brasil y Uruguay. México se agrupa junto a Argentina, Colombia, Costa Rica y Panamá. El cuartoclúster incluye a Bolivia, Ecuador, Nicaragua, Paraguay, Perú y República Dominicana

Los resultados se resumen en el Cuadro A1. El ejercicio estadístico completo considera que cuatro es el número óptimo de *clústers* a considerar.

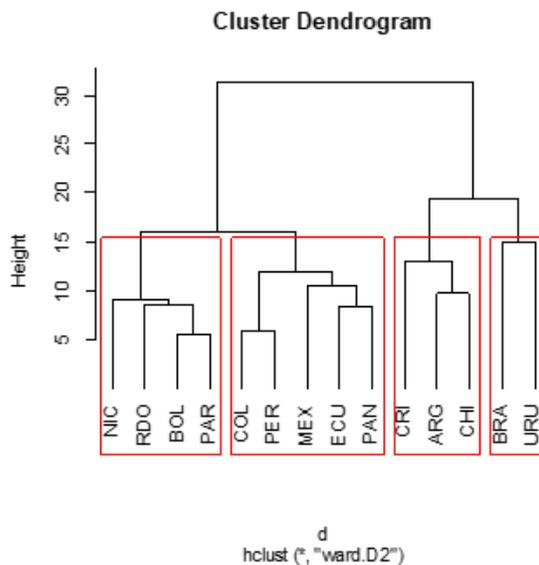
Gráfica A1. Screeplot



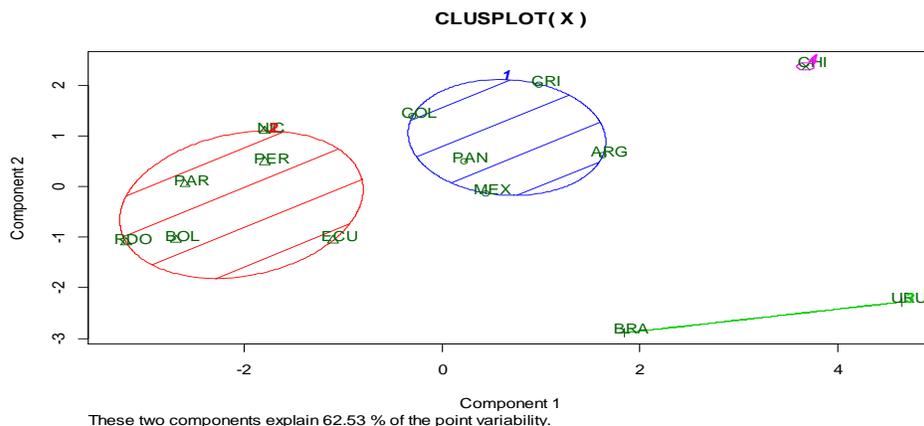
Gráfica A2. Método Ward. Dendrograma-Distancia Euclidiana con cuatro Clústers



Gráfica A3. Método Ward. Dendrograma-Distancia Manhattan con cuatro Clústers



### Gráfica A4. Método K-Medias con cuatro Clústers



Cuadro A1. Resultados para cuatro agrupamientos según Metodología de Clústers

Método Ward		K-medias
Distancia Euclidiana	Distancia Manhattan	
Chile	Argentina, Costa Rica, Chile	Chile
Argentina, Costa Rica, México, Nicaragua, Panamá	Colombia, Ecuador, Panamá, Perú, México,	Argentina, Colombia, Costa Rica, México, Panamá
Brasil, Uruguay	Brasil, Uruguay	Brasil, Uruguay
Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú, Paraguay, República Dominicana,	Bolivia, Nicaragua, Paraguay, República Dominicana	Bolivia, Ecuador, Nicaragua, Paraguay, Perú, República Dominicana