

# Modelo de correlación entre economía, población y servicios de agua y saneamiento en América Latina. Análisis de 1990 a 2015

## Correlation model between economy, population and water and sanitation services in Latin America. 1990 – 2015 analysis

Carlos Felipe URAZÁN Bonells [1](#); María Alejandra CAICEDO Londoño [2](#)

Recibido: 01/11/2017 • Aprobado: 30/11/2017

### Contenido

[1. Introducción](#)

[2. Metodología](#)

[3. Resultados](#)

[4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

#### RESUMEN:

El esfuerzo latinoamericano por cumplir con las Metas del Milenio en 2015 dio resultados satisfactorios en términos de cobertura poblacional de agua y saneamiento. Las coberturas poblacionales en saneamiento básico han mostrado importante correlación entre los años 1990 y 2015. La relación con el PIB perdió importancia estadística desde 1990. La variable población nacional perdió participación total en el modelo para el mismo período. La variable que mejor explica el modelo es la cobertura poblacional del servicio de agua.

**Palabras-Clave:** Metas del Milenio, abastecimiento y saneamiento básico, Producto Interno Bruto

#### ABSTRACT:

The Latin American effort to meet the Millennium Goals in 2015 gave satisfactory results in terms of population coverage of water and sanitation. Population coverage in basic sanitation has shown an important correlation between 1990 and 2015. The relation with GDP has lost statistical importance since 1990. The variable national population lost total participation in the model for the same period. The variable that best explains the model is the population coverage of the water service.

**Keywords:** Millennium Goals, water supply and basic sanitation, Gross Domestic Product

## 1. Introducción

En el año 2000, la Organización de las Naciones Unidas ONU resaltaron el hecho de que en los países en desarrollo continuaban creciendo los sectores informales (slums, término aplicado en la literatura especializada en idioma inglés) y aquello se presentaba como un obstáculo para el desarrollo sostenible. Por tanto, acordaron entre sus países miembros los denominados Objetivos del Milenio ODM como un mecanismo de política pública que facilitaría la mejor calidad de vida para cerca de 100 millones de personas pobres en el planeta. Entre las características a destacar en los asentamientos de desarrollo incompleto, o también conocidos como carenciados o informales, se tiene (Abubacar, Romice

y Salama, 2017):

Acceso inadecuado al agua potable,

Acceso inadecuado a saneamiento y a otros servicios e infraestructura básica,

Condición inadecuada en las viviendas y baja calidad estructural de las mismas,

Hacinamiento e inseguridad de la tenencia.

La definición de slums (tugurios) y sus características también es expuesta por otros autores en documentos recientes, y con experiencias centradas en países de América Latina, como Galiani et al. (2017), y Kent (2016).

Como se ha presentado, entre las principales características que afectan a los habitantes de los sectores informales, irregulares o tugurios, entre una diversidad de términos, está el acceso inadecuado al agua segura y a los servicios de saneamiento básico. Es por ello que las metas del milenio plantearon al interior del objetivo 7 "Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente" las siguientes (ONU, 2015):

7C. Reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento.

7D. Haber mejorado considerablemente, en 2015, la vida de al menos 100 millones de habitantes de barrios marginales.

Ir tras esas metas es importante no solo por cuanto liga la condición de pobreza e infraestructura, sino porque genera un cambio fundamental en la manera de vivir de muchas comunidades que tienen que recurrir cotidianamente a soluciones alternativas para suplir la no conexión a las redes.

El diagnóstico en el informe de los ODM se menciona respecto a la cobertura del abastecimiento de agua que si bien la región ha logrado avances importantes en esa materia, entre los países y a su interior se aprecian diferencias en la cobertura, es decir, algunas regiones y grupos poblacionales presentan más avance que otros. En lo referente a saneamiento se llega a conclusiones similares y se afirma que hay que aumentar esfuerzos especialmente en zonas rurales y en la población de menos recursos (ONU, 2010). Como consecuencia del avance mencionado, se presenta también mejora en la proporción de habitantes en tugurios, con el agravante de que se registran para esa fecha 100 millones de latinoamericanos viviendo en condiciones inadecuadas.

Si bien son diversos los mecanismos alternativos encontrados en la literatura especializada que ejemplifican situaciones en regiones de Asia, África y América Latina, se citan algunas de ellas (WHO, 2017). En el caso del servicio de saneamiento se recurre a opciones como: conexión a sistemas sépticos, y diferentes sistemas de letrinas, desde las que son simplemente de hoyo, hasta las que cuentan con ventilación. Respecto del abastecimiento de agua potable o segura, la no existencia de red oficial conlleva a: Pozos, cuerpos de agua natural, recolección de agua lluvia, agua embotellada, agua en vehículos cisterna, entre otros.

La no conexión a la red de saneamiento en las áreas de más baja densidad, o sectores de desarrollo incompleto, lleva a las comunidades a recurrir a mecanismos alternativos como es el uso de letrina. Si bien la opción de las letrinas puede ser vista como un sistema adecuado, depende para ello de una correcta construcción y diseño; situación que escapa la mayoría de las veces a las comunidades de escaso conocimiento técnico y de recursos limitados (Fay y Morrison, 2007) (WHO, 2017).

La mejora en los sistemas de saneamiento ha sido considerada de igual importancia para la salud pública tanto como los sistemas para abastecimiento de agua potable. Sin embargo, a nivel mundial se ha enfrentado el reto de la provisión de los servicios de saneamiento de una manera más lenta en las comunidades pobres o de escasos recursos. Entre los principales impedimentos o dificultades para la extensión de este tipo de redes se encuentran: inversiones inadecuadas, faltas de políticas para conectar a los más pobres, escasez de recursos e insuficiencia de agua disponible (Fry, Mihelcic y Watkins, 2008).

Entre algunos de los aspectos ligados a una mejora en la tasa de conexión poblacional a las redes de agua y saneamiento está la privatización del servicio, y como aspecto principal es que las comunidades pobres se han beneficiado de ello, es decir, no han sido excluidas. Esto tras un estudio realizado para América Latina (Clarcke, Kosec y Wallsten, 2004). Este hecho es compartido por Hardoy, Mitlin y Satterthwaite (2013), quienes además exponen los distintos mecanismos de acceso a los servicios

## 2. Metodología

La presente investigación se desarrolló en función de la base de datos CEPALSTAT de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, división de las Naciones Unidas (ONU). El emplear una sola base de datos da confianza en la unificación de criterios en los indicadores empleados.

La muestra de países analizada corresponde a 19 naciones consideradas las más representativas de la región: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

El objetivo principal es encontrar modelos por regresión multilínea que explicaran el logro de una mayor cobertura poblacional (%) de agua segura y saneamiento básico en la región, a partir de la condición demográfica, situación económica y la demanda inmediata en sectores de menos recursos económicos.

Para ello se tomó información de los siguientes indicadores de la CEPALSTAT:

Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural.

Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural.

Población total

Producto interno bruto (PIB) total anual por habitante a precios constantes en dólares.

Población urbana que vive en tugurios.

El último indicador tiene relevancia por cuanto todos los países en estudio tienen una mayor población urbana, y en ese escenario en que se presenta la condición tugurial, que cuenta entre sus características principales la ausencia de mecanismos adecuados para abastecimiento de agua segura y saneamiento básico.

Las cifras utilizadas en el estudio son las más recientes de la base de datos, para el año 2015 con excepción del dato de tugurios que está actualizado en la web solo hasta el año 2014. El año 2015 cobra relevancia por cuanto es en el cual se dio cierre al cumplimiento de los ODM.

Las distintas correlaciones múltiples que requirió el trabajo se realizaron utilizando las herramientas de regresión para análisis de datos de Microsoft Excel. Al obtener los resultados en cada caso, lo primero fue revisar si el coeficiente de determinación  $R^2$  ajustado era aceptable, considerando que mide la bondad del ajuste del modelo cuando su valor adimensional es superior a 0.7. De ser así, las variables independientes tienen un alto grado de explicación en conjunto con la variable dependiente y por consiguiente se puede inferir que existe confianza en que el modelo de regresión generado tendrá errores mínimos al contrastar sus resultados con los valores obtenidos de la base de datos originaria para realizar la correlación.

Después se procedió a identificar cuáles de las variables explicativas tenían una fuerte relación con el resultado de la variable dependiente. En este caso se trata de una lectura individual para cada variable. El grado de error que aporta cada variable independiente se interpreta por medio del valor de la medida de probabilidad "p-value" que en la teoría de los modelos de regresión lineal, este parámetro es utilizado para corroborar la hipótesis de que la varianza explicada es igual a la variable no explicada, y por tanto se acepta dicha hipótesis en la medida en que el p-value resulte ser menor de 0,05 para que el modelo de regresión sea estadísticamente significativo, con un nivel de confianza del 95%; en caso contrario no es posible hablar de regresión, pues el modelo sería nulo (Manterola y Pineda, 2008).

Si alguna variable no cumple esa condición, se descarta como variable explicativa del fenómeno y se procede a una nueva regresión aplicando solamente las que sí cumplieron. Es diversa la literatura estadística que enseña y ejemplifica el tipo de análisis que valida las correlaciones múltiples, por ejemplo: Uriel (2013), Novales (2010).

El otro hecho que descarta una adecuada relación de cada una de las variables independientes en el

modelo es el signo del coeficiente de ponderación. Por ejemplo, si la hipótesis que fundamenta el modelo planteado asume que al incrementarse el valor de la respectiva variable independiente, también debería aumentar el valor de la variable dependiente, ese coeficiente de ponderación debería ser positivo. Por el contrario, si el signo del coeficiente es negativo, se descarta la variable correspondiente como explicativa del modelo.

Finalmente, el modelo queda establecido con las variables independientes que cumplan condiciones favorables en: signo del coeficiente de ponderación, p-value, y que en conjunto resulte un coeficiente de determinación ajustado R<sup>2</sup> superior a 0.7.

---

## **3. Resultados**

Empleando las cifras consignadas a la fecha en la CEPALSTAT se procedió a establecer modelos de regresión lineal múltiple, con coeficientes de regresión estadísticamente significativo, buscando una tendencia media para la región que identifique si condiciones de cantidad poblacional y de economía dan guía de una mayor o menor cobertura poblacional de agua y saneamiento a nivel nacional para los países de la muestra.

### **3.1. Análisis de la correlación entre PIB con servicios de agua y saneamiento, población y tugurios en 2015**

Aplicando la metodología ya descrita, el primer planteamiento que se dio fue que el PIB per cápita global de cada país estuviera explicado por el comportamiento de la cobertura de los servicios públicos mencionados y de acuerdo a la población nacional y el nivel o proporción de habitantes en tugurios.

Los valores empleados, registrados en la CEPALSTAT se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1**

Valores de los indicadores empleados para modelar el comportamiento de la cobertura poblacional del servicio de saneamiento en el año 2015.

<i>País</i>	<i>saneamiento</i>	<i>población</i>	<i>PIB</i>	<i>agua</i>	<i>tugurios</i>
<b>Argentina</b>	96.4	43298	10590.0	99.1	16.7
<b>Bolivia (Estado Plurinacional de)</b>	50.3	10737	2390.2	90.0	43.5
<b>Brasil</b>	82.8	207750	11224.5	98.1	22.3
<b>Chile</b>	99.1	17917	14612.3	99.0	N.D.
<b>Colombia</b>	81.1	48229	7446.2	91.4	13.1
<b>Costa Rica</b>	94.5	4821	9425.9	97.8	5.5
<b>Ecuador</b>	84.7	16144	5366.6	86.9	36.0
<b>El Salvador</b>	75.0	6298	3742.2	93.8	N.D.
<b>Guatemala</b>	63.9	15920	3044.8	92.8	34.5
<b>Honduras</b>	82.6	8814	2328,5	91.2	27.5
<b>Jamaica</b>	81.8	2872	4890,3	93.8	N.D.
<b>México</b>	85.2	124612	9696,1	96.1	11.1
<b>Nicaragua</b>	67.9	6086	1848,0	87.0	N.D.
<b>Panamá</b>	75.0	3929	10751,0	94.7	25.8
<b>Paraguay</b>	88.6	6639	3826,1	98.0	N.D.
<b>Perú</b>	76.2	31383	5934,7	86.7	34.2
<b>República Dominicana</b>	84.0	10531	6526,6	84.7	12.1
<b>Uruguay</b>	96.4	3430	13864,6	99.7	N.D.
<b>Venezuela (República Bolivariana de)</b>	94.4	30554	7926,0	93.1	N.D.

Fuente: los autores, cifras CEPALSTAT.

Nota: Los indicadores se nombran de manera resumida, y corresponden a:

Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural.

Población total, en miles.

Producto Interno Bruto (PIB) total anual por habitante a precios constantes en dólares.

Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural.

Población urbana que vive en tugurios.

El resultado no fue fiable por cuanto el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> resultó relativamente bajo (0.48). Adicionalmente, los p-value resultaron estar comprendidos entre - 0.74 y 1.20. Cabe resaltar que el coeficiente para tugurios resultó negativo, tal como se esperaba, pues a menor cantidad de habitantes en tugurios se esperaría mayor cobertura de servicios. Luego se intentó planteando un nuevo modelo en el que se conservó la misma variable dependiente (PIB) y las mismas variables independientes y/o explicativas, pero con el intercepto igual a cero. En ese caso el valor de R<sup>2</sup> resultó favorable, pero los p-value superaron 0.14. Nuevamente el coeficiente de ponderación por tugurios arroja valores negativos, pero lo que el modelo se descarta por la variable p-value.

Luego se descartó a la población en tugurios como variable explicativa y se obtuvo nuevamente un R<sup>2</sup>

no apropiado (0.53) y un p-value por encima de 0.12 para las variables explicativas referentes al agua y a población; sin embargo para esta condición el p-value de la variable saneamiento resultó adecuado (0.02).

El resultado anterior sentó bases para afirmar que la variable que acompaña el comportamiento del PIB per cápita en la región es la variable saneamiento, interpretándose estadísticamente en el modelo descrito por la ecuación 1. No obstante, basándose en la premisa de los dos servicios públicos básicos domiciliarios, se procedió a constatar gráficamente el comportamiento de las dos variables independientes respecto de la dependiente. Para graficar adecuadamente se ajustó la escala del PIB en relación (1/100) (Figura 1). Como puede apreciarse, la variable que mejor acompaña el comportamiento del PIB en cuanto a una secuencia de picos y valles es la cobertura poblacional en materia de saneamiento básico.

$$Y = -31348 + (268.88 * x_1) + (156.65 * x_2) + (0.016 * x_3) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

y: Producto Interno Bruto (PIB) total anual por habitante a precios constantes en dólares.

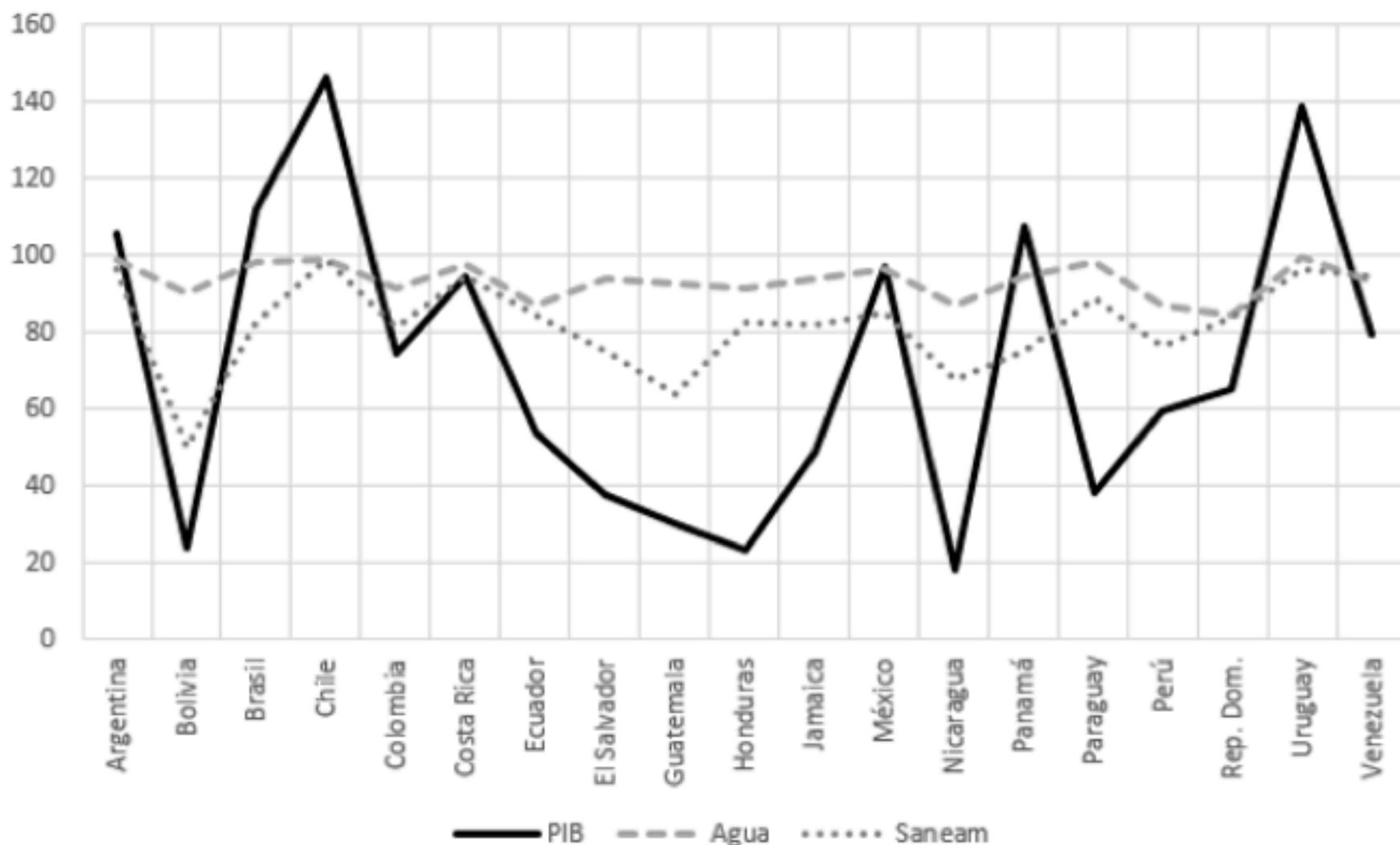
x1: Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural.

x2: Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural.

x3: Población total, en miles.

**Figura 1**

Comportamiento del PIB per cápita y de la cobertura poblacional en agua y en saneamiento. Año 2015



Fuente: los autores, cifras CEPALSTAT.

Nota: La escala para el PIB está en relación (1/100).

Producto Interno Bruto (PIB) total anual por habitante a precios constantes en dólares.

Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural.

Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área

### **3.2. Análisis de la correlación en función de la cobertura del servicio de abastecimiento de agua en 2015**

Si bien el apartado previo deja entrever la relación entre el estado económico de un país y la condición de cobertura de los dos servicios públicos en agua y saneamiento, quedaba la inquietud de si estadísticamente sería la cobertura de servicios la que dependería de la condición económica y de la demanda, entendida esta última en población nacional y en demanda poblacional en tugurios.

En este caso la variable dependiente es la cobertura del servicio de agua segura y las variables independientes o explicativas son: la cobertura del servicio de saneamiento, el PIB per cápita, población nacional, y la población que habita en tugurios. El resultado mostró una pobre correlación de variables, pues el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustado fue de 0.12 y los p-value se mantuvieron en un rango entre 0.26 y 0.84. Además, el coeficiente de ponderación para saneamiento resultó negativo, lo cual asume en el modelo que los países con menor cobertura en saneamiento tienen mayor cobertura del servicio en agua, contraponiéndose a la lógica planteada. Por lo expuesto en este párrafo, se descarta por completo la opción de un modelo de regresión válido.

Pero en el caso del indicador de tugurios la muestra se redujo a 12 países de 19 analizados para las demás variables (por disponibilidad de información en CEPALSTAT). Por lo tanto, se realizó nuevamente el planteamiento, pero descartando la información de tugurios. En esta ocasión se logró una mejora estadística, pero el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustado sigue siendo insuficiente (0.32) y los p-value superan el valor 0.12.

Paso a seguir, se replanteó el modelo, pero condicionando el intercepto a cero. El resultado para el coeficiente R<sup>2</sup> ajustado fue muy favorable (0.92), sin embargo, el único p-value que brinda confianza es el de la variable saneamiento ( $8.30 \times 10^{-11}$ ). Los p-value para población y PIB, por el contrario, superaron el valor de 0.11.

Los resultados obtenidos hasta el momento llevaron a generar un nuevo planteamiento en el que la variable dependiente sería la cobertura del abastecimiento de agua y la única variable independiente o explicativa es la cobertura del servicio de saneamiento. De esta opción resultó: un coeficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustado similar al anterior (0.93), y un p-value ( $1.14 \times 10^{-17}$ ) muy por debajo de 0,05. Planteándose el modelo descrito por la ecuación 2.

$$Y = (1.12 * x1)$$

Ecuación 2

Donde:

Y: Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural.

x1: Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural.

A pesar del correcto ajuste estadístico del modelo anterior, no es la relación de variables esperada, pues la premisa de la presente investigación es que existe un impacto de la economía y de la cantidad poblacional en el alcance de la cobertura de servicios básicos de agua y saneamiento; no que se expliquen ellas dos por sí mismas. Por ello se procede a plantear el modelo explicativo de la cobertura en saneamiento.

### **3.3. Análisis de la correlación en función de la cobertura del servicio de saneamiento básico en 2015**

De manera similar al apartado anterior se procedió a correlacionar la cobertura poblacional nacional en materia de saneamiento básico a partir de: la situación económica, la cobertura del servicio de agua segura, de la cantidad poblacional nacional y de la necesidad del servicio, específicamente en condiciones de tugurios. De lo anterior no hubo buen resultado, el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustado fue de tan solo 0.38 y los p-value estuvieron entre 0.10 y 0.85.

Luego se realizó la correlación, pero condicionando el intercepto a cero. Esa situación mejoró notablemente el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustado que cambió de 0.38 a 0.85. Pero el

problema persistió en el hecho de que los p-value para población, tugurios y PIB estuvieron en un rango entre 0.16 y 0.65. Solo el p-value para el agua fue válido con 0.00075. Nuevamente se relacionan las variables de cobertura de ambos servicios públicos, descartando nuevamente la opción. Al igual que en el apartado anterior, se procedió a trabajar eliminando la variable referente a tugurios con el fin de ampliar la muestra de 12 a 19 países. En esta ocasión la correlación no fue favorable, pues el coeficiente de determinación R2 ajustado resultó en tan solo 0.41 y solo el p-value del PIB fue inferior a 0.05 (0.02). El modelo resultante se expresa en la ecuación 3. Siendo así, se procedió a descartar la participación del agua y de la población, encontrando así una relación que no es entre los dos servicios públicos.

$$Y = 28.43 + (0.0018*x1) + (0.44*x2) \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

y: Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural.

x1: Producto Interno Bruto (PIB) total anual por habitante a precios constantes en dólares.

x2: Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural.

En función de lo encontrado, se intentó con una nueva correlación empleando como única variable explicativa el PIB. Nuevamente el resultado no fue acertado, pues el coeficiente de determinación R2 ajustado mejoró levemente a tan solo 0.44.

Como siguiente opción se planteó nuevamente a la cobertura del servicio de saneamiento como variable independiente, y tanto la cobertura de agua como el PIB como independientes; al igual que se optó de nuevo por la opción de dar valor cero al intercepto en el modelo. En este caso el coeficiente de determinación R2 ajustado mejora a un valor de 0.93 y ambos p-value resultan inferiores a 0.05. El modelo resultante es el de la ecuación 4.

$$Y = (0.0015* x1) + (0.76*x2) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

y: Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural.

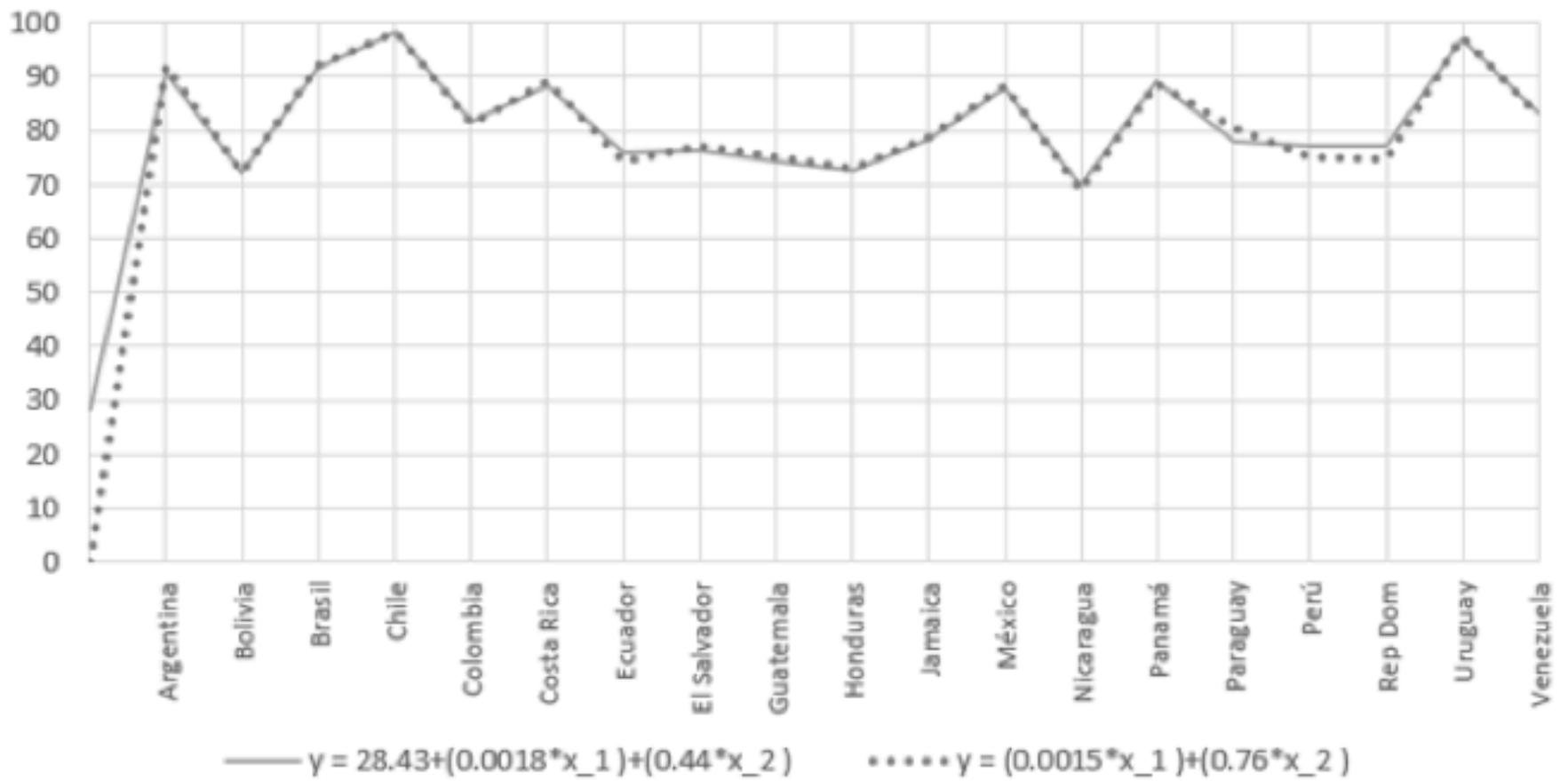
x1: Producto Interno Bruto (PIB) total anual por habitante a precios constantes en dólares.

x2: Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural.

Debido al cambio relativamente drástico en el coeficiente de determinación R2 ajustado de las ecuaciones 3 y 4, se corroboró gráficamente que el comportamiento de ambas ecuaciones es altamente coincidente (figura 2).

### **Figura 2**

Modelos para la cobertura poblacional en saneamiento básico (ecuaciones 3 y 4)



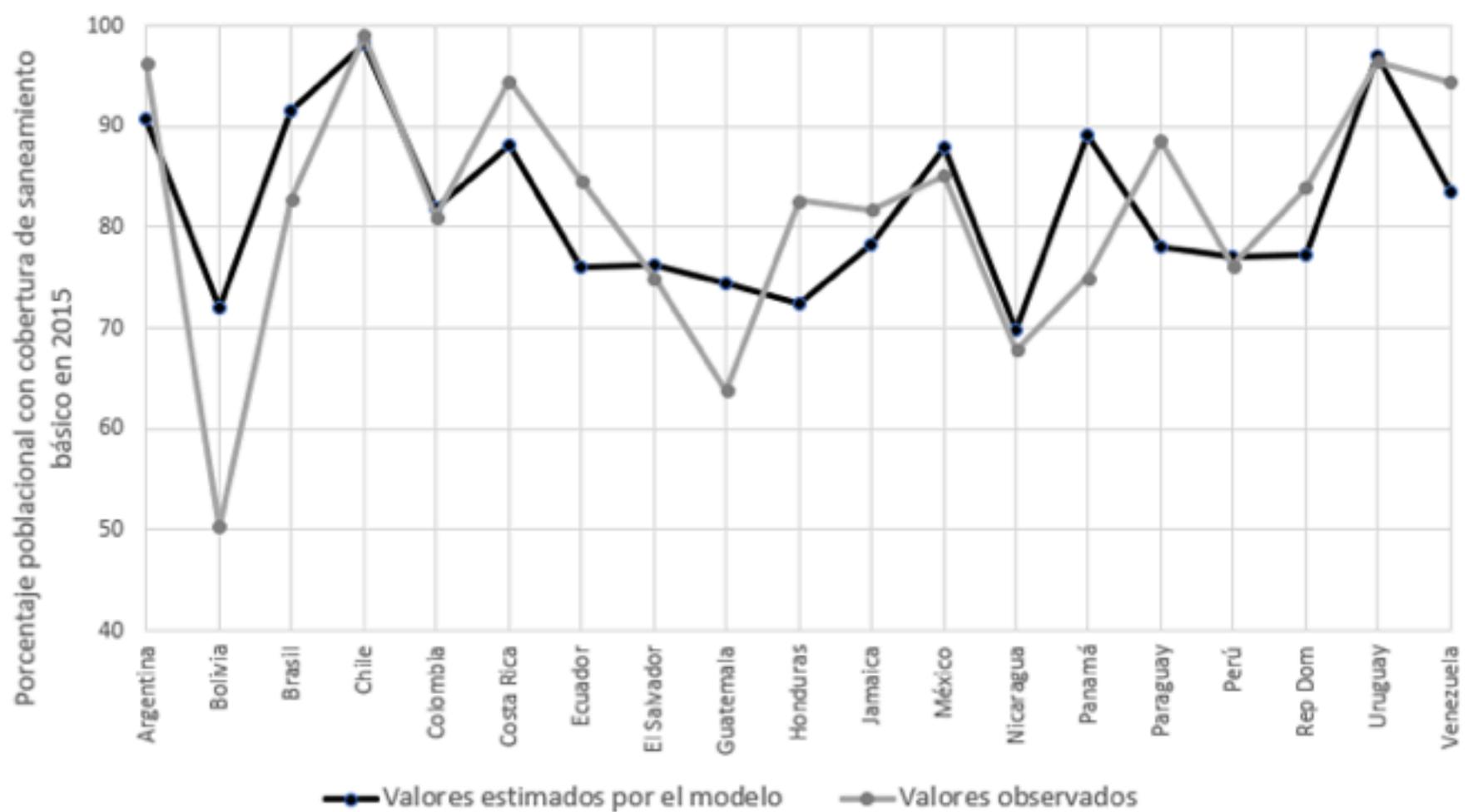
Fuente: los autores, cifras CEPALSTAT.

Lo anterior valida el modelo representado por la ecuación 4 para simular el hecho de que existe una fuerte relación entre el porcentaje de población con cobertura de agua segura y la situación económica de un país (PIB per cápita) con el nivel de cobertura poblacional en saneamiento básico. A pesar de que las dos variables explicativas resultan tener relación con la cobertura del saneamiento, la diferencia en los coeficientes deja ver que la relación es más estricta con la cobertura poblacional en agua que con el PIB. Mientras que cada unidad que aumenta de PIB se liga a un incremento de tan solo un 0.0015 por ciento de cobertura en saneamiento, por cada uno por ciento que aumente la cobertura poblacional en agua segura se corresponde con un incremento de 0.76 por ciento de cobertura en saneamiento.

La figura 3 evidencia la calibración del modelo (ecuación 4) al ilustrar la relación de sus resultados con los registros observados.

### Figura 3

Datos observados y estimados por el modelo que explica la tendencia en cobertura poblacional en saneamiento básico a partir de la cobertura poblacional en agua segura y el PIB per cápita en América Latina:  $y = (0.0015 * x_1) + (0.76 * x_2)$ . Año 2015.



Fuente: los autores, cifras CEPALSTAT.

### 3.4. Análisis de la correlación en función de la cobertura del servicio de saneamiento básico en 2000

Habiéndose establecido el modelo que explica como el nivel de cobertura poblacional del servicio de agua segura y la condición económica de un país tienen relación comparada con la cobertura del nivel de saneamiento básico, al menos en el escenario 2015, queda la inquietud de si ese mismo comportamiento viene presentándose de tiempo atrás. Por ello se planteó el modelo con la cobertura en saneamiento como variable dependiente y nuevamente el PIB, cobertura en agua segura y población total nacional como variables explicativas.

Los valores empleados, registrados en la CEPALSTAT se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2**

Valores de los indicadores empleados para modelar el comportamiento de la cobertura poblacional del servicio de saneamiento en el año 2000.

<i>País</i>	<i>saneamiento</i>	<i>población</i>	<i>PIB</i>	<i>agua</i>
Argentina	91,4	36978	8255,6	96,3
Bolivia (Estado Plurinacional de)	37,7	8293	1625,7	78,6
Brasil	74,7	174989	8793,0	93,5
Chile	91,7	15348	9821,2	94,9
Colombia	74,6	40404	4764,1	89,9
Costa Rica	91,4	3933	6184,7	95,1
Ecuador	69,7	12629	3678,9	79,7
El Salvador	62,4	5886	3019,7	81,6
Guatemala	54,6	11284	2542,9	83,9
Honduras	63,3	6521	1693,0	80,8
Jamaica	80,7	2657	4161,9	93,5
México	74,7	100941	8611,9	88,6
Nicaragua	54,4	5027	1315,5	78,9
Panamá	66,8	3029	5444,7	89,5
Paraguay	68,5	5303	2694,8	73,4
Perú	62,9	25919	3310,2	79,8
República Dominicana	77,5	8563	3896,2	86,8
Uruguay	93,5	3321	8672,3	96,8
Venezuela (República Bolivariana de)	88,3	24183	7281,9	91,1

Fuente: los autores, cifras CEPALSTAT.

Nota: Los indicadores se nombran de manera resumida, y corresponden a:

Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural.

Población total, en miles.

Producto Interno Bruto (PIB) total anual por habitante a precios constantes en dólares.

Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural.

El modelo resultante tuvo un coeficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustado aceptable de 0.72, y unos p-value que correlacionaron bien a las variables población y PIB (inferiores a 0.05) pero no a la cobertura poblacional en agua (0.20). El modelo se presenta en la ecuación 5.

$$y = 0.59 + (-0.00011 * x_1) + (0.0038 * x_2) + (0.64 * x_3)$$

Ecuación 5

Donde:

y: Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural.

x1: Población total, en miles.

x2: Producto Interno Bruto (PIB) total anual por habitante a precios constantes en dólares.

x3: Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural.

Si bien el paso más lógico a seguir era replantear el modelo eliminando la variable explicativa referente al agua, no se quiere desligar esa variable; motivo por el cual se realizó nuevamente el proceso de correlación, pero llevando la constante del intercepto a valor cero (tal como se presentó el modelo

validado para 2015 en la ecuación 4). Ahora el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustado llega a 0.93, y los p-value de las 3 variables independientes cumplen con el criterio de ser menores a 0.05. Además, el signo del coeficiente por población resultó negativo, tal como se esperaba, pues siendo así se mantiene el argumento de que los países con menor población tienen mayor facilidad para extender la cobertura de la red de saneamiento. Como resultado se tiene que el modelo de regresión lineal más apropiado es el descrito por la ecuación 6.

$$y = (-0.00011 * x_1) + (0.0038 * x_2) + (0.65 * x_3)$$

Ecuación 6

Donde:

y: Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural.

x1: Población total, en miles.

x2: Producto Interno Bruto (PIB) total anual por habitante a precios constantes en dólares.

x3: Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural.

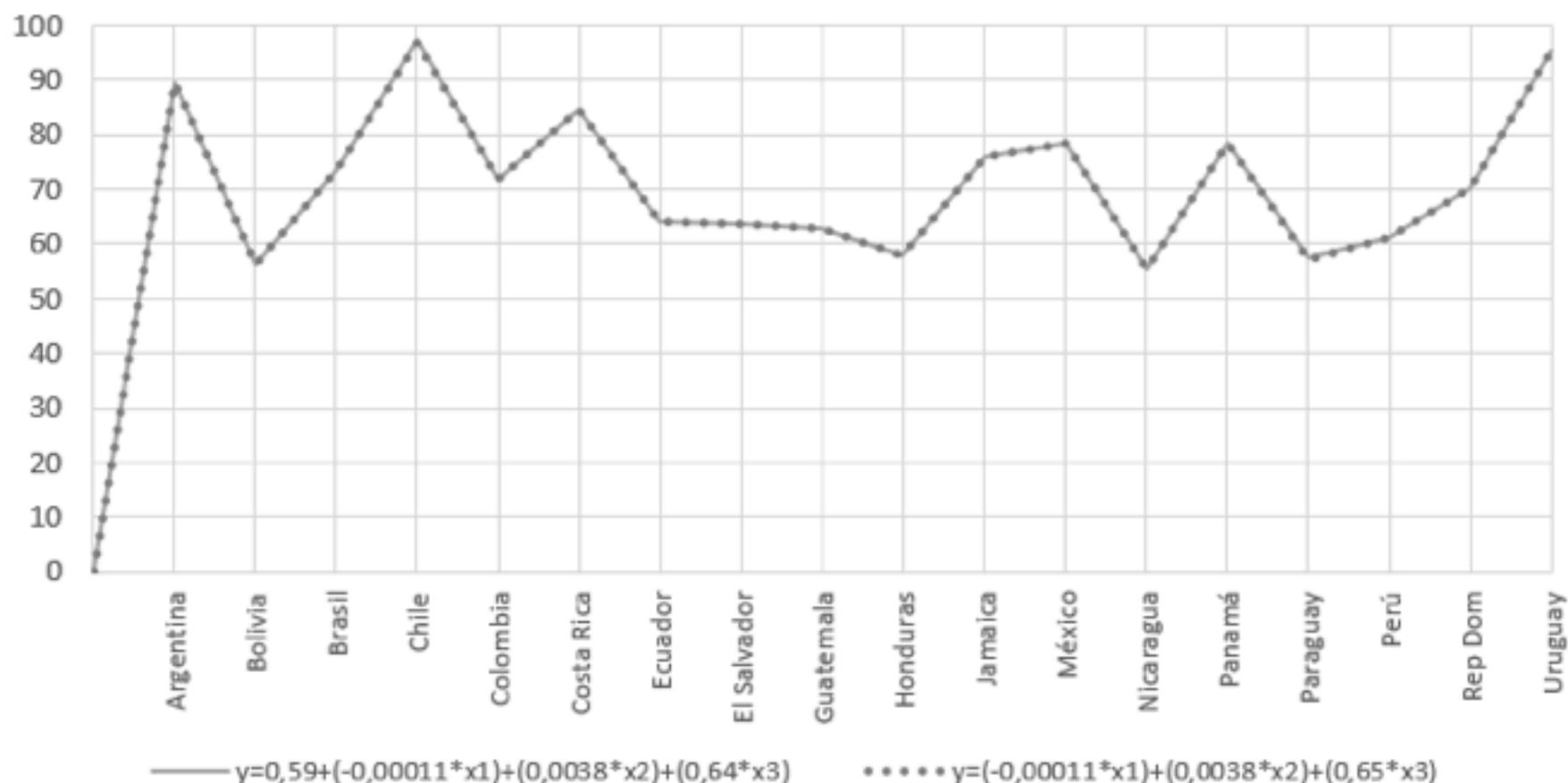
En este modelo cada unidad que aumenta de PIB se liga a un incremento de un 0.0038 por ciento de cobertura en saneamiento, por cada uno por ciento que aumente la cobertura poblacional en agua segura se corresponde con un incremento de 0.65 por ciento de cobertura en saneamiento.

Ahora, de manera similar al caso 2015, se compara el comportamiento gráfico del modelo inicial con la variación que hace el intercepto igual a cero (ecuaciones 5 y 6) (figura 4).

**Figura 4**

Modelos para la cobertura poblacional en saneamiento básico (ecuaciones 5 y 6).

### Modelo de la cobertura poblacional en saneamiento



Fuente: los autores, cifras CEPALSTAT.

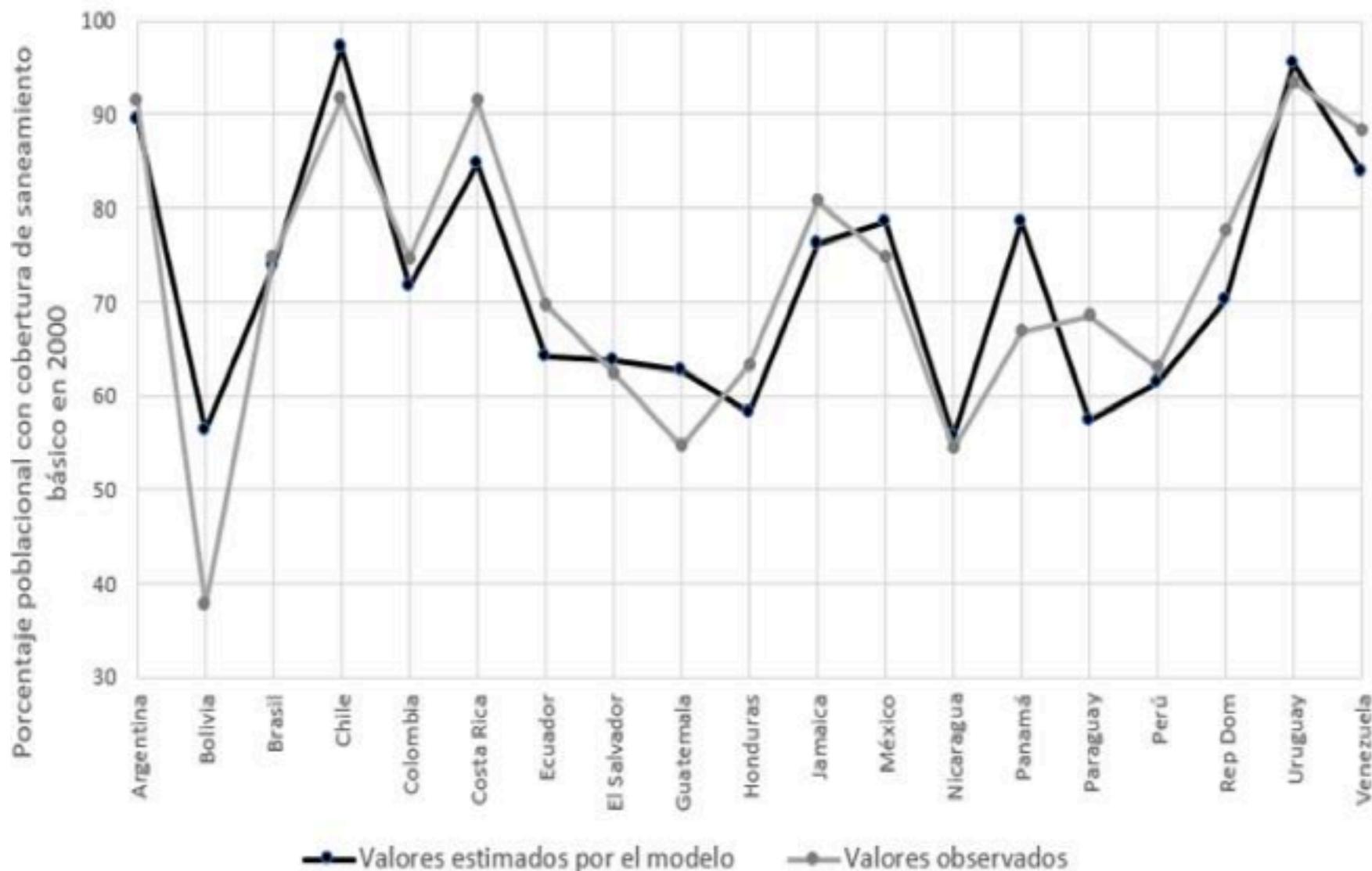
Si se comparan esos coeficientes con el modelo establecido para el año 2015 (ecuación 4) se concluye que en el año 2000 (ecuación 6) el impacto o la participación del PIB en el modelo es de poco más del doble (0.0038 vs 0.0015), mientras que la participación del abastecimiento de agua era un 10% menor (0.65 vs 0.76). Esto permite interpretar que la influencia del PIB ha disminuido y la de cobertura de agua ha tomado mayor relevancia en el modelo regional. Por su parte, cada unidad que aumenta la población el porcentaje poblacional de cobertura en saneamiento disminuye en 0.00011.

Al igual que para el resultado del año 2015 (figura 3) se presenta en la figura 5 la calibración del

modelo para el año 2000 (ecuación 6). Se observa el comportamiento esperado de los datos estimados en relación con los datos observados. Al igual que en el modelo para el año 2015, solo los registros de Bolivia presentan un error estimado considerable, pero es solo un caso de 19 en la muestra.

**Figura 5**

Datos observados y estimados por el modelo que explica la tendencia en cobertura poblacional en saneamiento básico a partir de la cobertura poblacional en agua segura y el PIB per cápita en América Latina:  $Y = (-0.00011 \cdot x_1) + (0.0038 \cdot x_2) + (0.65 \cdot x_3)$ . Año 2000.



Fuente: los autores, cifras CEPALSTAT.

### 3.5. Análisis de la correlación en función de la cobertura del servicio de saneamiento básico en 1990

Para continuar el análisis retrospectivo de la correlación entre la cobertura del servicio de saneamiento a partir de la cobertura poblacional del servicio de agua segura, el total de población nacional y la condición económica (PIB per cápita) como variables explicativas, se realizó el ejercicio con los datos correspondientes al año 1990.

Los valores empleados, registrados en la CEPALSTAT se presentan en la tabla 3.

**Tabla 3**

Valores de los indicadores empleados para modelar el comportamiento de la cobertura poblacional del servicio de saneamiento en el año 1990.

<i><b>País</b></i>	<i><b>saneamiento</b></i>	<i><b>población</b></i>	<i><b>PIB</b></i>	<i><b>agua</b></i>
<b>Argentina</b>	87,4	32689	6241,3	93,8
<b>Bolivia (Estado Plurinacional de)</b>	28,4	6795	1370,5	68,2
<b>Brasil</b>	66,6	150310	7919,1	88,5
<b>Chile</b>	84,8	13272	6118,1	90,4
<b>Colombia</b>	69,0	34272	4295,6	88,4
<b>Costa Rica</b>	88,4	3099	4728,9	92,9
<b>Ecuador</b>	57,0	10218	3720,9	73,8
<b>El Salvador</b>	51,1	5287	2143,1	70,2
<b>Guatemala</b>	47,2	8936	2171,2	76,7
<b>Honduras</b>	48,2	4955	1560,1	73,1
<b>Jamaica</b>	79,8	2424	4213,3	93,1
<b>México</b>	66,2	85381	7236,4	82,3
<b>Nicaragua</b>	43,9	4145	1143,2	72,7
<b>Panamá</b>	59,0	2471	4072,9	83,8
<b>Paraguay</b>	52,3	4214	2700,2	53,0
<b>Perú</b>	52,8	21831	2660,9	74,3
<b>República Dominicana</b>	73,0	7184	2577,0	87,3
<b>Uruguay</b>	92,0	3110	6877,3	94,8
<b>Venezuela (República Bolivariana de)</b>	82,1	19760	7247,2	88,8

Fuente: los autores, cifras CEPALSTAT.

Nota: Los indicadores se nombran de manera resumida, y corresponden a:

Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural.

Población total, en miles.

Producto Interno Bruto (PIB) total anual por habitante a precios constantes en dólares.

Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural.

El modelo resultante tuvo un buen coeficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustado de 0.84, y unos p-value inferiores a 0.05 para las tres variables. Al igual que en el modelo descrito en la ecuación 5 el coeficiente correspondiente a la población resultó negativo, ratificando nuevamente la premisa de que los países con menor población tienen mayor facilidad para aumentar la cobertura del servicio de saneamiento básico.

A diferencia de los casos para los años 2000 y 2015 el ajuste del modelo no requirió de una segunda opción como llevar el coeficiente del intercepto a valor cero. El modelo resultante se presenta en la ecuación 7.

$$Y = -12.67 + (-0.00020 * x_1) + (0.0056 * x_2) + (0.72 * x_3) \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

y: Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural.

x<sub>1</sub>: Población total, en miles.

x<sub>2</sub>: Producto Interno Bruto (PIB) total anual por habitante a precios constantes en dólares.

x<sub>3</sub>: Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua

potable, por área nacional, urbana y rural.

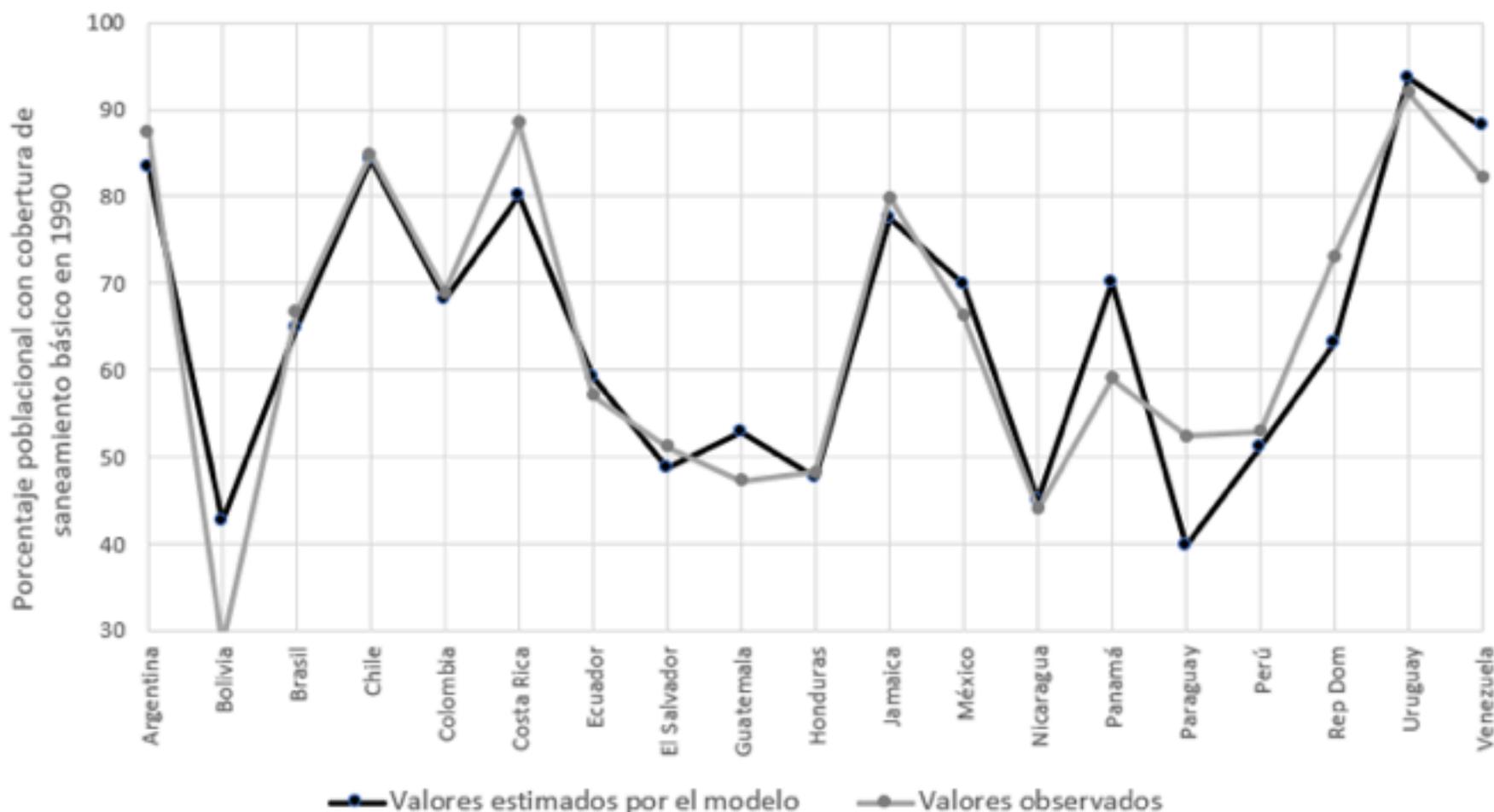
En este modelo cada unidad que aumenta de PIB se liga a un incremento de un 0.0056 por ciento de cobertura en saneamiento, y por cada uno por ciento que aumente la cobertura poblacional en agua segura se corresponde con un incremento de 0.72 por ciento de cobertura en saneamiento. Por su parte, cada unidad que aumenta la población el porcentaje poblacional de cobertura en saneamiento disminuye en 0.00020.

Si se comparan esos coeficientes con el modelo establecido para el año 2000 (ecuación 6) se concluye que en el año 1990 (ecuación 7): el impacto o la participación del PIB en el modelo era cerca de una vez y media (0.0056 vs 0.0038), mientras que la participación del abastecimiento de agua era cerca de un 10% superior (0.72 vs 0.65) y el impacto de la demografía era de casi el doble (0.00020 vs 0.00011).

La figura 6 muestra la comprobación del modelo para el año 1990 (ecuación 7). Al igual que en los casos anteriores se aprecia la correspondencia entre el comportamiento de los datos estimados respecto de los datos observados. Al igual que en los modelos validados para los años 2000 y 2015 solo la información para Bolivia presenta una diferencia apreciable con el valor estimado.

**Figura 6**

Datos observados y estimados por el modelo que explica la tendencia en cobertura poblacional en saneamiento básico a partir de la cobertura poblacional en agua segura y el PIB per cápita en América Latina:  $y = (-0.00011 \cdot x_1) + (0.0038 \cdot x_2) + (0.65 \cdot x_3)$ . Año 2000.



Fuente: los autores, cifras CEPALSTAT.

## 4. Conclusiones

Haciendo la lectura del impacto regional de la economía, la población y la cobertura del servicio de agua segura en la extensión de la cobertura de saneamiento básico, se aprecia que la influencia o participación del PIB disminuyó entre los modelos de 1990 y 2000, nuevamente entre los modelos de 2000 y 2015. En todo el período disminuyó en poco más de 3.5 veces (de 0.0056 a 0.0015).

Por otro lado, en el caso del indicador para la cobertura poblacional de abastecimiento de agua disminuyó cerca de un 10% entre los modelos de 1990 y 2000, pero luego volvió a aumentar su participación en cerca de un 10% entre los modelos de 2000 y 2015. De manera general para el período analizado la participación o impacto de este indicador prácticamente se mantiene (de 0.72 a 0.76). En el caso del indicador poblacional, su participación disminuyó casi en el doble entre 1990 y 2000; pero luego pierde participación para el modelo del año 2015.

El comportamiento descrito en los párrafos precedentes pone de manifiesto que la cobertura en saneamiento básico ha perdido relación con la condición económica de los países, y aún más con la cantidad demográfica; solo mantiene relación con un incremento en la cobertura del servicio de agua a partir del año 2000, período que coincide con el esfuerzo de la región por extender las redes de servicios públicos básicos en función de cumplir con los objetivos de las metas del milenio.

Afirmar que la extensión del servicio de saneamiento es precedida, o es dependiente, de la extensión de la red de abastecimiento de agua segura se afirma en otros documentos técnicos como en Urazán y Magrinyá (2015), CEPAL (2012), y CEPAL (2015). El primero expone la progresión histórica de la extensión de redes de servicios en zonas de periferia urbana, y los dos documentos siguientes dan claridad respecto a que hay mayor población carente del servicio oficial de saneamiento que del de agua y de que la cobertura de ambos servicios viene en aumento.

Sin entrar en la discusión de las estrategias que facilitaron el buen desempeño de los objetivos del milenio en América Latina y en principios de desarrollo urbano, la información presentada en esta investigación ratifica la importancia de la extensión de las redes de abastecimiento de agua como paso previo a la extensión de la red de saneamiento básico; así como la de estos dos servicios en un paso previo a la extensión de otras redes básicas como la pavimentación vial y la de gas domiciliario.

Finalmente, las condiciones o tendencia en los indicadores que han facilitado más a unos países que a otros en la región el lograr cumplir con las metas del milenio en el año 2015, han de ser tenidas en cuenta para fijar pautas que vislumbren (tras la experiencia entre los años 2000 y 2015), a llevar a buen término los Objetivos del Desarrollo Sostenible ODS en el año 2030.

---

## Referencias bibliográficas

ABUBACAR, A.; ROMICE, O. y SALAMA, A. (2017). **Defining slums using multidimensional and relational properties: a dynamic framework for intervention.** *International journal of architectural research*. Vol. 11, No. 2, University of Stathclyde, Glasgow, p-p. 34 – 54. DOI: [10.1016/j.jue.2016.11.001](https://doi.org/10.1016/j.jue.2016.11.001).

CLARCKE, G.; KOSEC, K. y WALLSTEN, S. (2004). **Has private participation in water and sewerage improved coverage? Empirical evidence from Latin America.** *Elibrary of World Bank Group*. DOI: [10.1596/1813-9450-3445](https://doi.org/10.1596/1813-9450-3445).

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL (2012). **Panorama Social de América Latina.** Recuperado de: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1247/1/S2012959\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1247/1/S2012959_es.pdf)

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE CEPAL (2015). **Panorama Social de América Latina.** Recuperado de: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39965/4/S1600175\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39965/4/S1600175_es.pdf)

CEPAL, C. E. (2017). *Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas*. Obtenido de <http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/Portada.html>

FAY, M. y MORRISON, M. (2007). **Infraestructure in Latin America and the Caribbean. Recent developments and key challenges.** *The World Bank*, Washington D.C., 130 p. DOI: [10.1596/978-0-8213-6676-9](https://doi.org/10.1596/978-0-8213-6676-9).

FRY, L.; MIHELICIC, J. y WATKINS, D. (2008). **Water and non-wated related challenges of achieving global sanitation coverage.** *Environmental science and technology*, Vol. 42, No. 12, p-p. 4298-4304. DOI: [10.1021/es7025856](https://doi.org/10.1021/es7025856).

GALIANI, S.; GERTLER, P.; UNDURRAGA, R.; COOPER, R.; MARTÍNEZ, S. y ROSS, A. (2017). **Shelter from the storm:Upgrading housing infrastructure in Latin America slums.** *Journal of urban economics*, Vol. 98, p-p. 187 – 213.

HARDOY, J.; MITLIN, D. y SATTERTHWAITE, D. (2006). **Environmental problems in a urbanizing world: finding solutions in cities in Africa, Asia and Latin America.** *Ed. Routledge*, Londres, 464 p.

KENT, R. (2016). **Latin America. Regions and people.** 2da edición. *The Guilford press*, N.Y., Londres, 479 p.

MANTEROLA, C.y PINEDA, C. (2008). **El valor de “p” y la significación estadística.** *Revista chilena de cirugía*, Vol.60, No. 1, p-p. 86-89.

NOVALES, A. (2010). **Análisis de regresión**. *Universidad Complutense de Madrid*. Recuperado de: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/518-2013-11-13-Analisis%20de%20Regresion.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS ONU (2010). **Objetivos de Desarrollo del Milenio. Avances en la sostenibilidad ambiental del desarrollo en América Latina y el Caribe**. Santiago de Chile, 231 p.

ONU, N. U. (2017). OBJETIVO 7: GARANTIZAR LA SOSTENIBILIDAD DEL MEDIO AMBIENTE. Obtenido de <http://www.un.org/es/millenniumgoals/environ.shtml>

URAZÁN, C.F. y MAGRINYÁ, F. (2015). **El rol de los servicios urbanos en la legalización predial, en la calidad de vida urbana y valor del suelo. Aplicación al caso de Cúcuta, Colombia**. *Revista Hábitat y sociedad*. Universidad de Sevilla, No. 8. Sevilla. p-p. 113 – 146.

URIEL, E. (2013). **Regresión lineal múltiple: estimación y propiedades**. *Universidad de Valencia*. Recuperado de:

<https://www.uv.es/=uriel/3%20Regresion%20lineal%20multiple%20estimacion%20y%20propiedades.pdf>

WORLD HEALTH ORGANIZATION WHO (2017). **Definition of indicators**. Recuperado de: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/monitoring/jmp04\\_2.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp04_2.pdf).

---

1. Ingeniero Civil, Especialista en Administración de la Construcción, Doctor en Gestión Territorial e Infraestructuras del Transporte por la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC) (España), Profesor Titular, Programa de Ingeniería Civil, Universidad de La Salle, Bogotá - Colombia. Correo electrónico: [caurazan@unisalle.edu.co](mailto:caurazan@unisalle.edu.co)

2. Ingeniera Civil, Magister en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) (España), Profesor Asistente, Programa de Ingeniería Civil, Universidad de La Salle, Bogotá - Colombia. Correo electrónico: [macaicedo@unisalle.edu.co](mailto:macaicedo@unisalle.edu.co)

3. La hipótesis nula es que todos los coeficientes menos  $b_0$  son nulos y la hipótesis alternativa o complementaria es que existe al menos uno que es distinto de 0, puede haber varios que sean nulos, pero al menos existe uno distinto de cero.

4. Se denomina contraste de regresión al estudio de la posibilidad de que el modelo de regresión sea nulo, es decir, los valores de las variables explicativas X no van a influir en la variable Peso.

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 39 (Nº 09) Año 2018

[Index]

[En caso de encontrar un error en esta página notificar a [webmaster](#)]

©2018. revistaESPACIOS.com • ®Derechos Reservados