

Medición de la Productividad por Unidad de Luminosidad en las Entidades Federativas de México

Extracto del Reporte sobre las Economías Regionales Julio – Septiembre 2019, Recuadro 1, pp. 5-8, Diciembre 2019

Introducción

El uso de imágenes de luminosidad captada desde el espacio se ha vuelto cada vez más frecuente para estimar y/o analizar la actividad económica de distintas regiones del mundo.¹ Usualmente, se ha utilizado esta información para tratar de estimar los niveles de producción de una economía. De manera alternativa, en este Recuadro se propone hacer uso de la información de luminosidad como una medida de los insumos de producción que utiliza una economía. Bajo esta interpretación, es posible calcular el nivel de actividad económica generado por la luminosidad (controlando también por la composición sectorial y la población) en las entidades federativas de México y compararlo con el PIB que ese mismo nivel de luminosidad generaría en Estados Unidos, que puede suponerse como el nivel de mayor productividad por unidad de luminosidad que ha sido posible alcanzar.² Los resultados indican que las entidades de la región norte se encuentran, en promedio, más cerca del nivel de productividad máxima, seguidas de las entidades de las regiones centrales, mientras que las regiones del sur son las que se encuentran más alejadas del nivel más elevado de productividad por unidad de luminosidad.

Datos

Las imágenes satelitales de luminosidad nocturna que se utilizan en este Recuadro provienen de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés) para el año 2015.³ Científicos del “National Oceanic and Atmospheric Administration” (NOAA) y del “National Geographic Data Center” procesan los datos, los cuales se hacen disponibles al público.⁴ La unidad de observación de los datos es el pixel que corresponde a un área geográfica equivalente a 0.44 kilómetros cuadrados. Dentro de cada pixel la luminosidad es medida en radianes en una escala que inicia en 0 (ausencia total de luz) y no cuentan con un límite superior preestablecido. Posteriormente, los datos son reportados de acuerdo a un sistema de coordenadas geográficas angulares (latitud y longitud) y emparejados con la cartografía del INEGI a través del software GIS.

Los datos del PIB 2015 para México provienen del Sistema de Cuentas Nacionales del INEGI;⁵ los correspondientes a Estados Unidos provienen del Bureau of Economic Analysis (BEA). Por su parte, las estadísticas de población

¹ En el Recuadro 1 del RER Enero-Marzo de 2018 se utilizó esta técnica para estimar el crecimiento económico en los principales destinos de playa de México. Henderson et al. (2012) diseñan un modelo para relacionar PIB con luminosidad usando datos a nivel mundial.

² Otros estudios ya han utilizado a Estados Unidos como el referente de una economía eficiente. Ver, por ejemplo, Hsieh y Klenow (2014).

³ Se decidió emplear dicho año pues los datos de luminosidad en ese punto en el tiempo cuentan con mayor calidad pues han sido procesados y limpiados por el National Oceanic and Atmospheric Association (NOAA) U.S. Department of Commerce.

⁴ El procesamiento de datos incluye correcciones por el ciclo lunar, periodos del año en donde oscurece más tarde, incendios forestales, y auroras boreales, entre otros. Lo anterior con la finalidad de dejar únicamente las luces generadas por el ser humano en las imágenes satelitales.

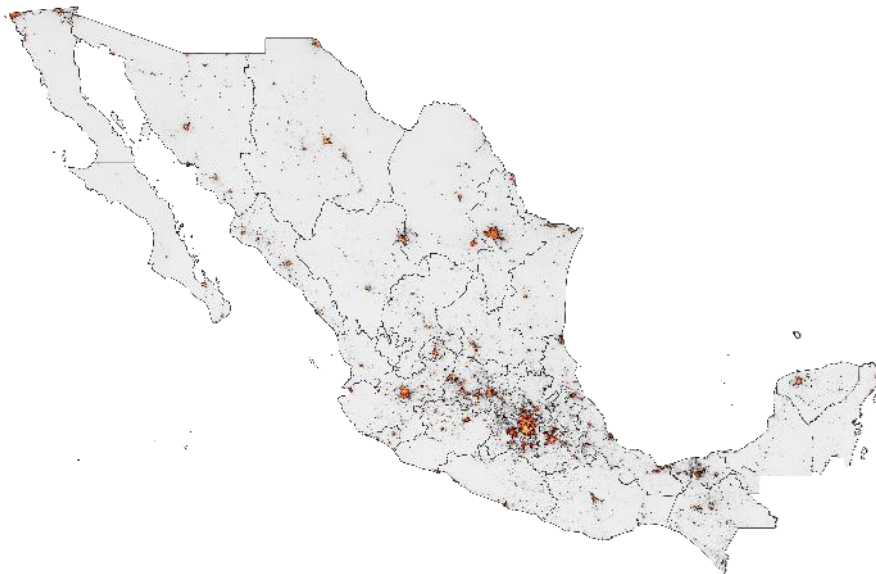
⁵ Se excluyen Campeche y Tabasco de las estimaciones dado que la información de luminosidad no refleja que una parte considerable de su PIB proviene de las plataformas petroleras que se encuentran en el Golfo de México, y, por lo tanto, fuera de los límites administrativos de esas entidades federativas.

por entidad en México provienen de la encuesta intercensal 2015, mientras que para Estados Unidos corresponden a los del U.S. Census Bureau, Population Division.

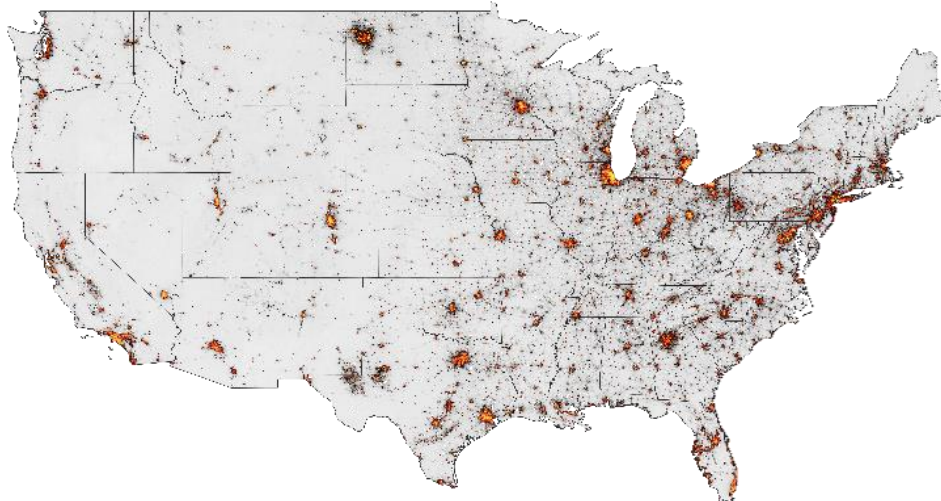
En la Figura 1 se muestran los mapas de luces nocturnas anuales promedio para México y Estados Unidos para el año 2015; la suma de su luminosidad es de 330.23 y 3023.98 millones de radianes respectivamente.⁶ Por su parte, el PIB de México para ese año era de un poco más de 1.1 billones de dólares, mientras que el de Estados Unidos era cercano a los 18 billones de dólares.⁷ En cuanto a la luminosidad, el nivel en Estados Unidos es 9.16 más elevado que el de México, mientras que su PIB es 16.31 veces mayor. Lo anterior sugiere que las elasticidades entre luminosidad y actividad económica, y, por lo tanto, los niveles de productividad por unidad de luminosidad, difieren entre ambos países.

Figura 1
Captura Satelital de Luces Nocturnas 2015

a) México



b) Estados Unidos



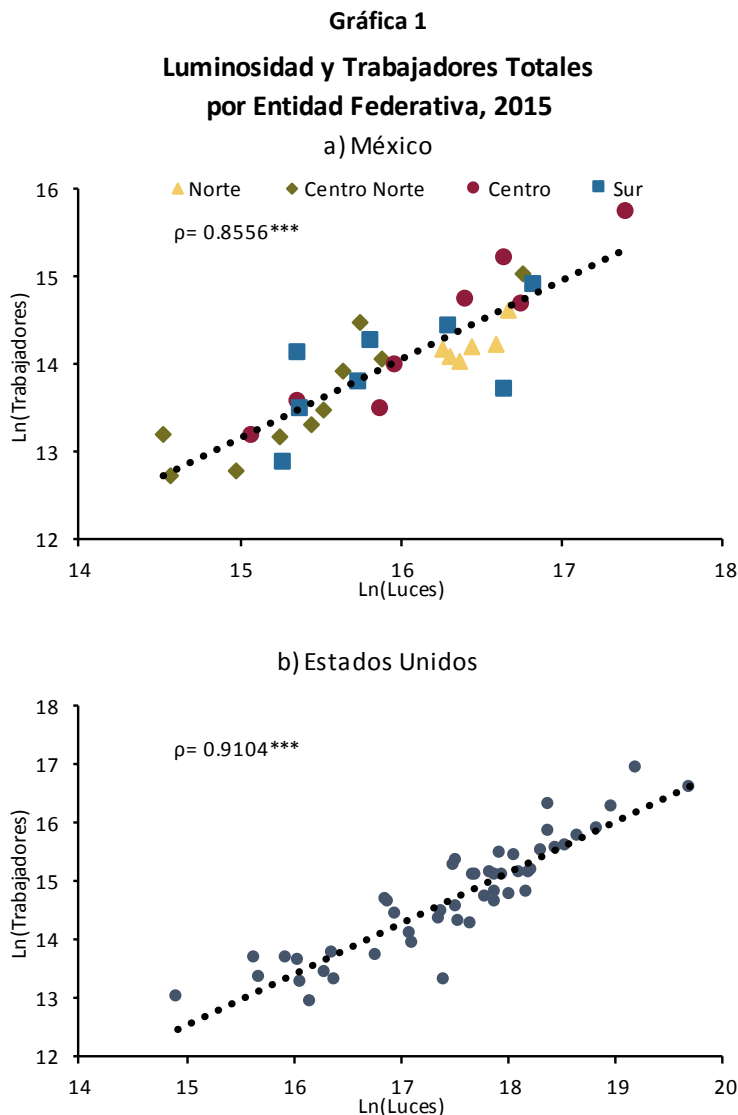
Fuente: Elaboración Propia con datos de la NASA/NOAA-VIIRS.

⁶ Los datos de luminosidad para Estados Unidos únicamente contemplan la luz generada por los estados continentales.

⁷ Las estimaciones se realizaron utilizando el tipo de cambio FIX promedio 2015.

Luminosidad y su Relación con Insumos Productivos

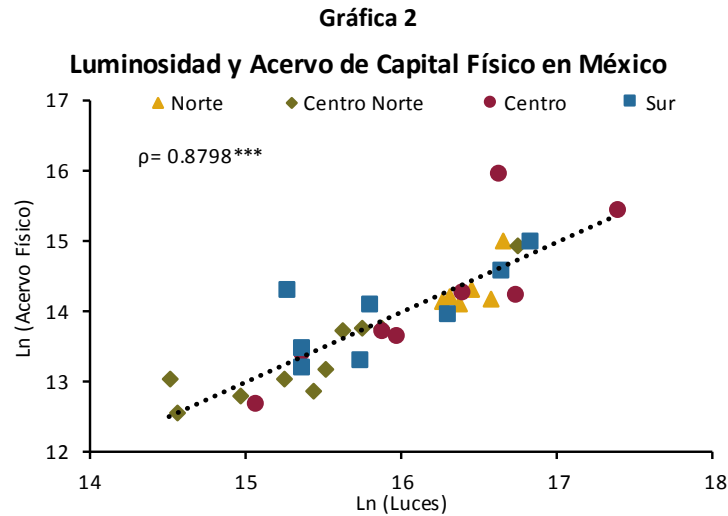
La metodología para estimar la productividad por unidad de luminosidad que se desarrolla en este Recuadro está basada en el supuesto de que se puede interpretar a la luminosidad como un insumo en una función de producción. De ser el caso se esperaría una relación positiva entre el nivel de luminosidad y el uso de los factores productivos que usualmente se incorpora en una estimación de función de producción. La Gráfica 1 muestra la relación entre la luminosidad y el factor trabajo, tanto en México como en Estados Unidos. En ambos casos, se observa una asociación positiva y significativa, con coeficientes de correlación elevados (0.86 y 0.91, respectivamente).⁸



Nota: *** $p < 0.01$. El coeficiente de correlación corresponde al de Spearman.
Fuente: Elaboración de Banco de México con datos de INEGI, BEA, Estados Unidos y NASA/NOAA-VIIRS.

⁸ Los datos de trabajadores en México se obtienen de la variable de población total ocupada durante el 2T de 2015 de acuerdo a la Encuesta Nacional de Ocupación Empleo (ENOE). En el caso de Estados Unidos, se obtienen del BEA para el año 2015.

Con respecto al capital físico, es posible aprovechar que el INEGI recientemente publicó una estimación del acervo de capital por entidad federativa para el año 2013. Así, en la Gráfica 2 se observa una fuerte correlación positiva entre dicha estimación del capital y la luminosidad.



Metodología

En primer lugar, se estima la siguiente ecuación empleando datos de corte transversal de Estados Unidos para 2015:⁹

$$\ln(PIB_i^{US}) = \alpha + \beta_1^{US} P_i^{US} \ln(luz_i^{US}) + \beta_2^{US} S_i^{US} \ln(luz_i^{US}) + \beta_3^{US} T_i^{US} \ln(luz_i^{US}) + \gamma_1^{US} pob_i^{US} + \gamma_2^{US} pob_i^{US^2} + \varepsilon_i \quad (1)$$

donde $\ln(PIB_i^{US})$ corresponde al logaritmo natural del PIB para el estado i de Estados Unidos; $\ln(luz_i^{US})$ es la suma total de la luminosidad en la entidad i ; P_i^{US} , S_i^{US} y T_i^{US} son las proporciones del sector primario, secundario y terciario en el PIB de la entidad i , respectivamente; y pob_i corresponde a la población para cada entidad.¹⁰ Dichas variables interactuadas se incluyen con la finalidad de considerar que la relación entre luminosidad y actividad económica varía de acuerdo al sector de actividad económica.¹¹ Esta especificación se puede interpretar como una función de producción, donde los insumos son la luminosidad y la población.

Empleando los parámetros estimados para la economía de Estados Unidos a partir de la Ecuación 1 y los datos de las entidades federativas de México de luminosidad (luz_i^{MX}), población (pob_i^{MX}) y las participaciones de los sectores primario, secundario y terciario en el PIB (P_i^{MX} , S_i^{MX} y T_i^{MX} , respectivamente), se obtiene una estimación del PIB, en términos logarítmicos, que cada entidad podría alcanzar, dada su dotación de insumos, si tuviera la función de producción de Estados Unidos (PIB_i^{MXUS}):

$$\ln(\widehat{PIB_i^{MXUS}}) = \alpha + \hat{\beta}_1^{US} P_i^{MX} \ln(luz_i^{MX}) + \hat{\beta}_2^{US} S_i^{MX} \ln(luz_i^{MX}) + \hat{\beta}_3^{US} T_i^{MX} \ln(luz_i^{MX}) + \hat{\gamma}_1^{US} pob_i^{MX} + \hat{\gamma}_2^{US} pob_i^{MX^2} \quad (2)$$

⁹ Chen y Nordhaus (2019) muestran que los modelos de corte transversal funcionan mejor que los de series de tiempo para pronosticar el PIB a través de la luminosidad.

¹⁰ La estimación se realiza a través de mínimos cuadrados ordinarios ponderando por área en kilómetros cuadrados para cada entidad.

¹¹ Por ejemplo, la suma de luces de California es menor que la de Texas. Sin embargo, el PIB de California es mayor. Esto podría deberse a que la luminosidad del sector terciario, el cual es mayor como proporción del PIB en California (82% vs 67%) tiene un mayor impacto en el PIB (mayor elasticidad) que la influencia del sector secundario, el cual es mayor en Texas (16% vs 32%).

Por su parte, el PIB por entidad federativa estimado mediante luces satelitales en México, se obtiene a través de la Ecuación 3, que puede interpretarse como la estimación de la función de producción mexicana:

$$\ln(PIB_i^{MX}) = \alpha + \beta_1^{MX} P_i^{MX} \ln(luz_i^{MX}) + \beta_2^{MX} S_i^{MX} \ln(luz_i^{MX}) + \beta_3^{MX} T_i^{MX} \ln(luz_i^{MX}) + \gamma_1^{MX} pob_i^{MX} + \gamma_2^{MX} pob_i^{MX^2} + \varepsilon_i \quad (3)$$

donde las variables se definen igual que antes, pero provienen de datos para México.

Finalmente, la productividad por unidad de luminosidad relativa a la de Estados Unidos para cada entidad mexicana está dada por:

$$d_i = \frac{\widehat{PIB}_i^{MX}}{PIB_i^{MXUS}} \quad (4)$$

Cabe destacar que la estimación de la productividad relativa parte del supuesto de que Estados Unidos es una economía eficiente, de modo que esta se utiliza como el referente para el cálculo de productividad relativa de las entidades federativas en México. Adicionalmente, estas estimaciones presuponen que la estructura sectorial de México no se modifica. Sin embargo, es posible que si México se acercara al nivel de productividad de Estados Unidos su composición sectorial sería distinta de la actual.

Resultados

Los resultados de las Ecuaciones 1 y 3 se presentan en el Cuadro 1. La primera columna contiene las elasticidades estimadas utilizando los datos de Estados Unidos. Como es de esperarse, se encuentran diferencias significativas por sector de actividad económica en la elasticidad de la luminosidad con respecto al PIB. La segunda columna muestra los resultados para México. De manera similar a las estimaciones para Estados Unidos, las elasticidades resultaron positivas y estadísticamente significativas para los sectores secundario y terciario en el caso de México.

Cabe señalar que la elasticidad más alta en los Estados Unidos se registra en el sector terciario, mientras que en México se observa en el sector secundario. Lo anterior podría atribuirse a que la economía estadounidense se encuentra en una etapa más avanzada de desarrollo económico que la mexicana, y, por lo tanto, tiende a especializarse más en el sector terciario.

Cuadro 1
Resultados de las Ecuaciones (1) y (3)
Modelo de Estimación del PIB para México y Estados Unidos

Variables	Estados Unidos	México
% Sector Primario x ln(Luces)	0.228	0.240
% Sector Secundario x ln(Luces)	0.355***	0.517***
% Sector Terciario x ln(Luces)	0.465***	0.422**
Población	0.130***	0.195**
Población ²	-0.0019**	-0.0068*
Constante	3.866*	5.139**
Observaciones	49	32
R ²	0.956	0.836

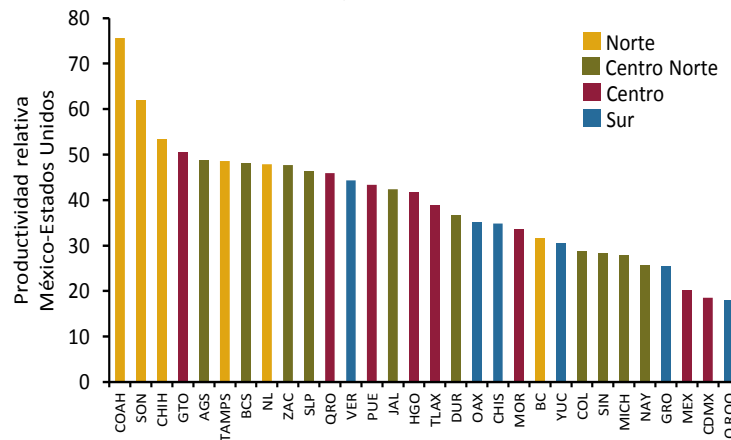
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, BEA, Estados Unidos y NASA/NOAA-VIIRS

En la Gráfica 3, se presentan los resultados de la Ecuación 4, que mide la productividad por unidad de luminosidad de las entidades federativas mexicanas relativa a la estadounidense. Las estimaciones sugieren que la región norte presenta el mayor nivel de productividad relativa a Estados Unidos (55%), seguida por la región centro norte (38%), la centro (27%), y, finalmente, la región sur (22%).¹² Coahuila, Sonora y Chihuahua son, de acuerdo con la metodología utilizada, las entidades con un mayor nivel de productividad relativa por unidad de luminosidad, con Coahuila alcanzando un nivel de 75%. Para el resto de los casos, la distancia con respecto a la productividad por unidad de luminosidad de Estados Unidos es elevada.

Se puede apreciar también en la Gráfica 3 que la Ciudad de México y Quintana Roo son las entidades con los menores niveles de productividad relativa. Este comportamiento podría estar respondiendo a que tienen una elevada participación del sector terciario en su actividad económica, al tiempo que este sector presenta una baja productividad por luminosidad relativa a la estadounidense. En efecto, como se observa en la Gráfica 4, la productividad relativa se relaciona de manera negativa con la participación del sector terciario en el PIB de las entidades federativas. A su vez, la baja productividad en el sector terciario mexicano podría estar asociada, entre otros factores, a que tiende a tener mayores niveles de informalidad.

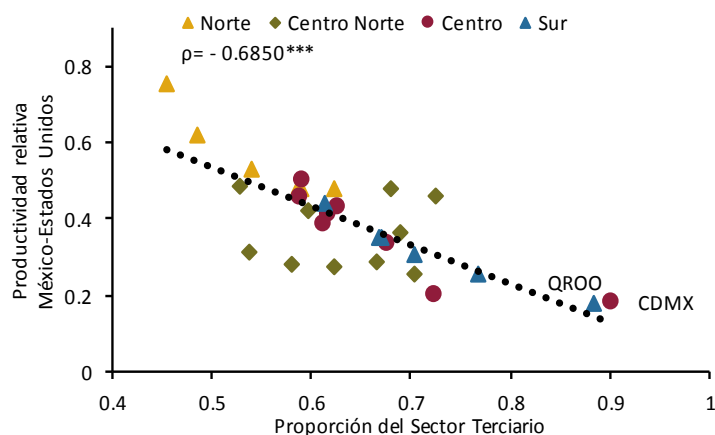
Gráfica 3
Nivel de Productividad por Unidad de Luminosidad de las
Entidades Federativas
 Puntos porcentuales



Fuente: Elaboración de Banco de México con datos de INEGI, BEA, Estados Unidos y NASA/NOAA-VIIRS.

¹² Se ponderó por tamaño de la economía para realizar las estimaciones regionales.

Gráfica 4
Nivel de Productividad por Unidad de Luminosidad de las
Entidades Federativas
 Puntos porcentuales



Nota: *** $p < 0.01$. El coeficiente de correlación corresponde al de Spearman.

Fuente: Elaboración de Banco de México con datos de INEGI, BEA, Estados Unidos y NASA/NOAA-VIIRS.

Consideraciones Finales

Este Recuadro estima la productividad relativa de las entidades federativas a partir de datos de luminosidad y tomando como referencia a Estados Unidos. Los resultados muestran una alta heterogeneidad entre las regiones, siendo las entidades del norte y, en menor medida, del centro, las que presentan los mayores niveles de productividad relativa; en tanto que las del sur muestran un mayor rezago en dicho indicador.

Así, existe un espacio para mejorar la productividad en todas las regiones del país. Para lograrlo, es necesario instrumentar acciones que promuevan su aumento mediante una agenda de políticas públicas que contribuyan a corregir los problemas estructurales e institucionales que han impedido alcanzar un mayor crecimiento potencial en las regiones del país. Lo anterior incentivaría la acumulación de capital y el crecimiento de la productividad, particularmente en las regiones más rezagadas.

Referencias Bibliográficas

Chen, X. y Nordhaus, W. D. (2019). "VIIRS Nighttime Lights in the Estimation of Cross-Sectional and Time Series GDP". *Remote Sensing*, 1-11.

Henderson J. y Soreygard, A. Weil D. (2012). "Measuring Economic Growth from Outer Space", *American Economic Review*, Vol. 102, No. 2, April 2012, 994-1028.

Hsieh, C. y Klenow, P. (2014). "The Life Cycle of Plants in India and Mexico", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol 129, Issue 3.