



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ANCASH
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE ECONOMÍA Y CONTABILIDAD**

INFORME FINAL DE INVESTIGACION

**CRECIMIENTO ECONÓMICO Y SU INFLUENCIA
EN LA CONTAMINACIÓN
DEL AMBIENTE: PERÚ 2000-2014
(UNA APLICACIÓN ECONOMETRICA)**

Jorge Castillo Picón
Jorge Llanos Tiznado
Luis Natividad Cerna
Elizabeth Panana Holgado

Huaraz-2015

RESUMEN

Se analizó la relación que existe entre el crecimiento económico medida a través del producto bruto interno per cápita y los niveles de contaminación del aire medido a través de la concentración de dióxido de carbono en el período 2000 al 2014 para el caso peruano. Para ello se realizó una investigación cuantitativa, de tipo correlacional, los datos usados fueron obtenidos del Banco Central del Perú y de la Organización Mundial de la Salud. Se usó un modelo econométrico obteniéndose como resultado que si existe una relación directa entre crecimiento económico y contaminación ambiental y que cuanto más rápido es el crecimiento económico mayor es el deterioro del ambiente, sin embargo esta relación tiene su punto de inflexión a partir de la cual el crecimiento económico deja de influir directamente en la contaminación.

Palabra clave: contaminación, crecimiento económico, PBI per cápita.

ABSTRACT

The relationship between economic growth as measured by gross domestic product per capita and levels of air pollution measured by the concentration of carbon dioxide in the period 2000 to 2014 for the Peruvian case was analyzed. This requires a quantitative research, correlational, the data used were obtained from the Central Bank of Peru and the World Health Organization was held. an econometric model result indicate that there is a direct relationship between economic growth and environmental pollution and that the faster is the largest economic growth is the deterioration of the environment, however this relationship has its turning point from used which economic growth stops directly influence pollution.

Keyword: pollution, economic growth, per capita GDP.

INTRODUCCIÓN

La relación entre el crecimiento y el medio ambiente ha sido estudiada tanto desde el punto de vista empírico como teórico. Los resultados más relevantes indican que la producción mundial por persona se incrementó a una tasa del 1,4% anual entre los años 1870 y 2000, y registra el mayor crecimiento (4%) en el último siglo (Maddison, 2003) Citado en (Figuroa, 2011). A un ritmo similar, este proceso estuvo acompañado de la degradación del medio ambiente, sobre todo del agotamiento de los recursos naturales no renovables y la contaminación. De hecho, en algunos estudios se señala que ciertos recursos no renovables están a punto de agotarse (Clugston, 2012) Citado en (Figuroa, 2011)

La contaminación suele medirse en términos de concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, medida en partes por millón (ppm). Según el físico Richard Muller, la cantidad de CO₂ se mantuvo constante en 280 ppm entre el año 800 de la era cristiana y los últimos años decimonónicos, pero en el último siglo trepó a 380 ppm, registrando un aumento del 36%. Si se continúa quemando combustibles fósiles habrá aún más CO₂. Entre las formas en que la actividad humana genera dióxido de carbono se destacan la quema de combustibles fósiles y la destrucción de extensas áreas forestadas (Muller, 2008, págs. 265 y 266).Citado en (Figuroa, 2011)

También hay que tener en cuenta que la temperatura media del planeta no cesó de subir desde la revolución industrial que comenzó alrededor de 1850. Estimar si el recalentamiento del planeta y el cambio climático resultante son factores endógenos o exógenos del proceso económico todavía es tema de debate entre los científicos. Los factores que afectan al cambio se pueden sintetizar en tres premisas: primero, la quema de combustibles fósiles acrecienta la concentración de CO₂ en el aire; segundo, el CO₂ es un gas de efecto invernadero; tercero, el efecto invernadero incrementa la temperatura media del planeta. Las dos primeras premisas están aceptadas por la comunidad científica, pero la tercera está en discusión. Citado en (Figuroa, 2011)

Según algunos científicos, las emisiones de gases de efecto invernadero son el origen del recalentamiento del planeta, lo que produce un cambio climático; es decir, la producción genera desechos y contaminación que provocan un cambio climático (Aeschbach-Hertig, 2007). Citado en (Figuroa, 2011). De allí que dicho cambio se considere un factor endógeno del proceso de producción. Para otros científicos, el cambio climático es exógeno: se produce principalmente debido a variaciones naturales de la actividad solar

(Chilingar, Sorokhtin y Khilyuk, 2008, pág. 1572). Citado en (Figuroa, 2011) Un tercer grupo de científicos creen que, si bien el cambio climático es un problema complejo y difícil de descifrar con precisión, es endógeno, pero no en su mayor parte (ipcc, 2007, citado en Muller 2008, pág. 254). Citado en (Figuroa, 2011)

En el caso particular de América Latina, existe evidencia empírica sobre la degradación del medio ambiente ocurrida en el largo período del crecimiento económico desde la década de 1940 (Sunkel y Gligo, 1980; Gligo 1993). Citado en (Figuroa, 2011). También se ha mostrado que el efecto negativo del cambio climático en la producción media y la variabilidad de la producción constituye un conjunto de hechos estilizados (Galindo y Samaniego, 2010). Citado en (Figuroa, 2011)

La (CEPAL, 2011) sostiene que la hipótesis de que el rápido crecimiento económico puede solucionar los problemas ambientales y puede por tanto posponerse su atención no parece sostenerse con la evidencia empírica, pero ello no implica desde luego que sea necesario imponer restricciones al crecimiento económico sino considerar con especial atención los estilos de desarrollo y patrones de vida. En efecto, la evidencia disponible sobre la relación entre crecimiento económico y ambiente es compleja, no lineal y con resultados específicos dependiendo del tipo de contaminante o recurso natural, del país, del punto de inflexión, del nivel, tipo y características y composición estructural, de las tecnologías, del ritmo de crecimiento económico, de la intensidad del producto a insumos, de las regulaciones y políticas públicas y de la política fiscal correspondiente y de factores socio-culturales y demográficos e incluso de la forma urbana.

(Ekins, 1999) afirma que los resultados comprueban la existencia de la CAK en forma de U invertida. El Punto de inflexión para el ingreso per cápita es de 35,428 dólares.

(Selden & Thomas y Song, 1994), mediante el uso del modelo de crecimiento económico y de contaminación de Foster, identifican dos razones clave para la existencia de la curva de Kuznets ambiental. En primer lugar, suponen que para las familias la utilidad marginal del consumo decrece a medida que se alcanzan mayores niveles de consumo mientras que la utilidad marginal de la calidad ambiental aumenta. Este fenómeno se complementa con el aumento en la efectividad del abatimiento como resultado del crecimiento. Entonces, así como la capacidad de carga del ambiente decrece, así mismo debe aumentar el nivel de esfuerzo encaminado a la protección del ambiente.

La estimación de la ecuación en forma reducida es consistente con los resultados encontrados por (Grossman & A, 1995) Para los contaminantes que se dispersan en el aire, tales como el Dióxido de Azufre y el Óxido de Nitrógeno, y el ingreso per cápita, se encuentra una relación de U invertida. Ya que ambas variables afectan la calidad del aire urbano, el modelo de Foster seguido por los autores, indica que mayores esfuerzos se realizarán en búsqueda de mejorar la calidad del aire urbano ya que la utilidad marginal de este bien ambiental se incrementa. Además, a partir de los resultados los autores suponen que a mayor nivel de ingresos las empresas se ubican en zonas alejadas de los centros urbanos, mejorando sustancialmente la calidad del aire urbano.

Según los autores, para aquellos contaminantes cuyos costos son asumidos por la sociedad y los costos de abatimiento son bajos, la hipótesis de U invertida en la relación de contaminación e ingreso se cumple, pero para contaminantes cuyos costos son de largo alcance y asumidos por otros, la contaminación crece de manera permanente con el ingreso. “Los resultados econométricos presentados aquí parecen indicar que la mayoría de sociedades eligen adoptar políticas y hacer inversiones que reducen el daño ambiental asociado con el crecimiento. Se tiende a tomar medidas donde hay costos locales generalizados e importantes beneficios privados y sociales. Donde los costos de la degradación ambiental son asumidos por otros (por los pobres o por otros países) existen pocos incentivos para alterar la conducta dañina” (Shafix, 1994)

Según el trabajo de (Correa & Vasco, 2005), que contrasta la existencia de la forma de U invertida para las emisiones de Dióxido de Azufre SO₂, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Dióxido de Carbono (CO₂) para Colombia. El país aún se encuentra en la fase creciente de la curva de Kuznets ambiental, lo que indica que el crecimiento económico se verá reflejado en mayor deterioro ambiental. En la regresión del indicador ambiental SO₂ el coeficiente estimado de la variable GINI es significativa a un 5%, y tiene un signo negativo, igual a lo esperado por los autores, quienes consideran que, entre mayor sea la desigualdad del ingreso, mayor será el grado de conciencia ambiental de las élites económicas.

Los resultados expuestos en ésta investigación muestran que la hipótesis de la EKC se cumple para el contaminante Dióxido de Carbono; según los estimadores obtenidos, existe un umbral que marca la diferencia entre una nación para la cual un aumento del producto

se ve ligado a un empeoramiento de la calidad ambiental, a una donde un aumento del producto interno bruto per cápita se traduce en reducción de las emisiones per cápita del contaminante. Dicho punto corresponde a un nivel de ingreso per cápita de 30,692 dólares del año 2000, un valor significativamente alto que pocos países pueden alcanzar, así que, aunque los resultados obtenidos pueden dar sustento a la hipótesis de la EKC, si se tiene en cuenta la condición de la mayoría de países, el punto de inflexión de la relación contaminación ingreso es inalcanzable aún para gran parte del mundo entero.

El estudio del crecimiento económico ha dado lugar a un área bien establecida dentro de la teoría económica y de los estudios econométricos desde que, a finales de los años cincuenta del pasado siglo, se publicaran los trabajos de lo que hoy conocemos como el modelo neoclásico de crecimiento. Estos modelos, basados en un proceso de acumulación de capital, no tenían en cuenta el uso de los recursos naturales y los impactos de la actividad económica en el medioambiente. En general, podemos decir que la teoría económica del crecimiento no tiene en cuenta los costes de alcanzarlo, tanto si son medioambientales como de tipo social, cultural, etcétera.

Aunque la preocupación sobre los impactos de la economía sobre la naturaleza ha estado presente en casi todas las épocas de nuestra historia, no es hasta la década de los años sesenta del Siglo XX cuando comienzan a aparecer en Estados Unidos, Suecia, Alemania, y luego en el resto de países, las primeras leyes relativas a la calidad del aire y de las aguas tanto continentales como marinas. Pero el impacto que estas medidas podían suponer sobre el crecimiento económico no comenzó a estudiarse hasta dos décadas más tarde.

Los modelos de crecimiento están basados en una o varias funciones de producción (modelos de un sector o de varios sectores), una función de utilidad individual que es la base de una función de bienestar social y una o varias ecuaciones de acumulación que nos dan la dinámica del sistema.

La incorporación de variables medioambientales se ha realizado en varias etapas. Los primeros trabajos que intentaron establecer las relaciones entre crecimiento económico y medioambiente se ocuparon de los recursos no renovables. En los años setenta la preocupación fundamental era la posibilidad de agotamiento de los recursos naturales, en parte debido al problema planteado en el libro *Los límites del crecimiento*, que alertaba sobre la

posibilidad de que la sobreexplotación de recursos naturales asociada a un fuerte incremento de la población condujera al colapso de la economía y de la propia existencia de la especie.

Estos recursos se incorporaron a la función de producción neoclásica y se establecieron ecuaciones dinámicas para analizar la evolución de los *stocks* de este tipo de recursos. La publicación académica *Review of Economic Studies* celebró un *symposium* en 1974 que supuso el comienzo de la literatura de la teoría neoclásica de crecimiento con recursos naturales, donde es posible un crecimiento sostenible bajo ciertas condiciones. Y, además, mostró la posibilidad de que el crecimiento fuera óptimo pero no sostenible.

En la medida en que los recursos naturales son bienes privados, se encuentran sujetos a las leyes del mercado, donde los precios son un indicador de los niveles de escasez. Las subidas de precios hacen retroceder a la demanda mientras que estimulan una oferta adicional, además de incentivar la inversión en productos sustitutivos.

El *shock* del año 1973 puso en marcha estos mecanismos y se ha constatado que los niveles de energía consumida por unidad de *output* han descendido de forma significativa en tanto que las reservas de petróleo son hoy muy superiores a las estimadas en dicho año a pesar del consumo durante este período.

La investigación no ha cesado de incrementarse, tanto en lo que se refiere a la utilización y adaptación de los diversos modelos de crecimiento, como a la ampliación de los aspectos medioambientales incluidos en dichos modelos.

Fue en los años ochenta cuando comenzaron a publicarse noticias sobre los niveles de CO₂ en la atmósfera. La Agencia de Protección del Ambiente en Estados Unidos alertaba sobre el llamado efecto invernadero, preludio de lo que hemos identificado después como cambio climático. Ahora la conexión entre crecimiento económico y degradación medio ambiental se mostraba de forma directa.

En los años noventa la atención se había desplazado desde los recursos naturales a la degradación medioambiental en general y a las emisiones de gases contaminantes en particular. El paso de los modelos de recursos naturales a modelos de polución supone algo más que un simple cambio de variables.

Pasamos a considerar bienes públicos y aparecen externalidades negativas que dan lugar a fallos de mercado. Ahora hay que comparar el equilibrio que obtienen los agentes que maximizan sus funciones de utilidad y producción, considerando los niveles de polución como dados, con el llamado óptimo social que establece un planificador que tiene en cuenta los costes sociales de la degradación medioambiental.

El modelo propuesto por Andreoni y Levinson 1998 para la justificación teórica de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets parte del supuesto simplificador de una economía de un solo individuo. Para estos autores este supuesto es útil por dos razones. La primera es su simplicidad. La segunda razón, y es más importante, es que en el modelo de una persona no hay externalidades, así cualquier solución puede ser interpretada como una solución Pareto-eficiente.

La curva de Kuznets (EKC) describe la relación entre la calidad ambiental y el ingreso como una U invertida, esto es, en el curso del crecimiento económico y el desarrollo, la calidad ambiental inicialmente empeora pero finalmente mejora con los aumentos en los niveles de ingreso.

Los datos usados son generalmente un panel de observaciones en diversos países para algunos períodos en el tiempo. El método común para examinar la posible relación entre presión ambiental e ingreso, es estimar el siguiente modelo en forma reducida para el panel disponible de datos:

$$EP_{ij} = a_{ij} + B_1 Y_{i,t} + B_2 Y_{i,t}^2 + B_3 Y_{i,t}^3 + B_4 Z_{i,t} + e_{i,t}$$

Esta ecuación en forma reducida consta de una variable dependiente E que mide la calidad ambiental (agua, aire, etc.). Debe tenerse en cuenta que entre mayor sea la variable E , peor es la condición ambiental. El subíndice it indica que corresponde a la estación de monitoreo i y fue tomada en el momento t . La variable independiente Y representa el producto interno bruto per cápita para el país donde se ubica la estación de monitoreo. Se adjunta el ingreso al cuadrado con el objeto de simular la forma cuadrática de la EKC, Z determina las otras variables de influencia sobre la presión ambiental. El signo esperado del coeficiente de Y es positivo dado que la EKC consta de una forma creciente con el ingreso

hasta el punto de inflexión; el signo esperado del coeficiente del ingreso per cápita al cuadrado es negativo. Se considera ecuación en forma reducida porque consta de variables exógenas como el PIB per cápita y su respectivo cuadrado.

La estimación de la ecuación en forma reducida, según *Grossman y Krueger (1995)*, posee ventajas sobre la estimación de la ecuación estructural, cuyas variables dependientes serían el estado de la tecnología o la regulación de la contaminación, ya que éstas últimas no siempre están disponibles y además son de validez cuestionable. Una limitación de la forma reducida, sin embargo, es que no es claro porque la relación estimada entre contaminación e ingreso existe.

La ecuación permite validar siete formas identificadas de las relaciones ambiente – crecimiento económico:

$B_1 > 0$ y $B_2 = B_3 = 0$: implica una relación creciente monotónica, indicando que altos niveles de ingreso están asociados con más altos niveles de emisiones.

$B_1 < 0$ y $B_2 = B_3 = 0$: involucra una relación monotónica decreciente, señalando que altos niveles de ingreso están asociados con niveles declinantes de emisiones

$B_1 > 0$ y $B_2 < 0$ y $B_3 = 0$: implica una relación cuadrática en forma de U invertida, representando la curva ambiental de Kuznets e indicando que altos niveles de ingreso están asociados con niveles declinantes después que un nivel particular de ingresos ha sido alcanzado.

$B_1 < 0$, $B_2 > 0$ y $B_3 = 0$: implica una relación cuadrática en forma de U, en oposición a la EKC.

$B_1 > 0$, $B_2 > 0$ y $B_3 = 0$: implica un polinomio cúbico, representando la gráfica en forma de N, similar a la EKC pero con un subsiguiente incremento en emisiones para altos niveles de ingreso.

$B_1 < 0$, $B_2 < 0$ y $B_3 > 0$: implica un polinomio cúbico contrario a la curva en forma de N – los niveles de presión ambiental inicialmente declinan, luego se incrementan y sub siguientemente declinan de nuevo.

$B_1 = B_2 = B_3 = 0$: implica un comportamiento plano, indicando que las emisiones no son influenciadas por el nivel de ingreso.

Las relaciones anteriores indican uno de los posibles resultados para la curva ambiental de Kuznets derivados de la ecuación

El punto de umbral de la EKC se obtiene estableciendo la derivada de la ecuación e igualando a cero con ($B_3 = 0$), lo cual produce $Y^* = - B_1 / 2B_2$

1.1. Problema

Los países de América Latina muestran, durante la última década, un mayor dinamismo económico, reflejado en una mayor tasa de crecimiento del PIB per cápita. Asociado a éste mayor dinamismo se observa también un aumento del empleo, del consumo y la inversión, una reducción de la pobreza y una mejora en la distribución del ingreso.

La trayectoria del PBI y del PBI per cápita en América Latina se compone de oscilaciones cíclicas en torno a una tendencia ascendente pero que tiene distintas pendientes o comportamientos tendenciales por periodos. Así, la tasa de crecimiento del PIB per cápita de América Latina es de 0,9% entre 1980 y 2011, mientras que esta tasa de crecimiento es de -0,9% para la década de 1980 y 1990, de 1,4% para 1990 - 2000 y de 2,1% para el periodo de 2000 a 2011, respectivamente. Asimismo, se observa una reducción reciente del dinamismo económico, la razón es que los ingresos que llenaron las arcas de las economías latinoamericanas (2002-2012), gracias al auge de las materias primas, han caído notablemente. La desaceleración de China, que de crecer al 10 por ciento pasó a un 7 por ciento anual, llevó a un freno en la importación de commodities especialmente petróleo, carbón, cobre, níquel, que abundan en América Latina. Esta menor demanda impactó los precios, lo que repercutió negativamente en los ingresos de estos países.

Como consecuencia, América Latina en el 2014 creció en 4.1% y las proyecciones para el 2015 estiman un crecimiento del 2.2%, sin embargo no le va igual a todos los países. Hay unas economías ya en recesión, otras se encuentran con pronóstico reservado y otras se han venido desacelerando.

El mayor dinamismo económico reciente en América Latina está asociado, entre otros factores, a la explotación y a las exportaciones de productos no renovables (hidrocarburos y minería) y renovables (agropecuarios) (CEPAL, 2013c, 2012a, 2012b, 2011b, 2011a). Ello se ha traducido en un proceso de “primarización de algunas de las economías de América Latina” (CEPAL, 2012c, 2011b). Por ejemplo, más del 80% de las grandes empresas exportadoras de la región están vinculadas a la explotación y el procesamiento de recursos naturales (CEPAL, 2012b); asimismo, aun cuando existen diferencias al interior de la región, la participación de los

productos del sector primario y sus manufacturas en el valor de las exportaciones de América Latina y el Caribe aumentó de 45% a 57% entre 2000 y 2010 (CEPAL, 2012b).

El conjunto de las actividades económicas y el ambiente están estrechamente relacionados a través de diversos canales; por ejemplo, se observa que el ambiente es proveedor de insumos y de diversos servicios ambientales, además es utilizado como receptor o sumidero de desechos (Cropper y Oates, 1992; Ekins, 1999).

Existen además diversos síntomas que muestran la persistencia de efectos colaterales negativos en la relación entre crecimiento económico y ambiente tales como la deforestación, la pérdida de biodiversidad, la degradación de tierras, la sobre-explotación de los acuíferos, la contaminación atmosférica y los ritmos de explotación de los recursos naturales renovables y no renovables (Ekins, 1999).

Diversas simulaciones muestran que no existe actualmente una trayectoria de crecimiento sostenible (Ekins, 1999; World Bank, 1997) y que incluso algunas mejoras regionales implican pérdidas en otras partes del mundo (Rothman, 1998).

Así, por ejemplo, en América Latina el aumento acelerado de la población que habita en zonas urbanas y la dinámica de la economía en las grandes ciudades ha originado un aumento del parque vehicular (véase el gráfico 10) y en especial de los autos particulares, ocasionando problemas de contaminación atmosférica.

Por otro lado un continuo ritmo de crecimiento económico en América Latina implica un aumento casi proporcional del consumo de energía, aunque con diferencias por país, y con ello el aumento de los gases de efecto invernadero, en efecto, las concentraciones de GEI en la atmósfera ya alcanzaron niveles muy cercanos a 400 ppm de CO₂e ppm y se estima que aumentan más de 2 puntos por año (IPCC, 2007a).

Los modelos climáticos muestran que estas concentraciones de gases de efecto invernadero (CO₂e) en la atmósfera de 450 ppm son consistentes, con un casi un 80% de probabilidad, con un aumento de la temperatura global de 2°C de temperatura y que concentraciones de 550 ppm implican, con una probabilidad de 70%, un aumento de temperatura de 3°C (Stern, 2007).

En el caso peruano el crecimiento del PBI peruano entre 2000 y 2013 ha sido más que notable, con bajas, claro, pero sobre todo con altas. Tal es así que el PBI creció:

En 2000 la economía peruana creció 3.0%.

En 2001, en cambio, tiene un crecimiento de apenas el 0.2%.

En 2002 la economía peruana crece aún más: 5.0%.

En 2003 la economía peruana crece 4.0%.

En 2004 vuelve a crecer un 5.0%.

En 2005 el crecimiento fue de 6.8%.

En 2006 crece aún más a un 7.7%.

En 2007 la economía peruana está en sus puntos de mayor crecimiento, alzando la cifra de 8.9%.

En 2008 alcanza su pico más alto de crecimiento, llegando el 9.8%.

En 2009 sufre una caída, llegando al 1.1%.

En 2010 hay una gran recuperación, llegando al 8.8% de crecimiento.

Para 2011 el crecimiento fue de 6.9%

En el 2012 el crecimiento fue de 6.3%

En el 2013 el crecimiento fue de 5.6%

En el 2014 el crecimiento fue de 2.35%

Para el 2015 el crecimiento se estima en 5%

En el Perú la importancia del crecimiento económico en el bienestar de la población se materializa en aspectos tan esenciales como la esperanza de vida, los descensos en las tasas de mortalidad infantil, las condiciones de salud e higiene, los niveles culturales y otros tantos aspectos que hacen que el nivel de vida que goza cualquier ciudadano medio de los llamados países desarrollados del planeta esté muy por encima de los niveles máximos posibles cien años atrás. No es fácil, por tanto, renunciar a seguir creciendo en renta y consumo.

Al mismo tiempo, el precio que se paga por ello se materializa en aspectos tan esenciales como la pérdida de biodiversidad, la degradación del aire que respiramos, el cambio climático, la deforestación, las amenazas de agotamiento de recursos naturales y, en definitiva, la pérdida de calidad de vida que conlleva una actividad económica cada vez más intensa.

(Gonzales & Steenland, 2014) afirma que uno de los problemas que se resaltó fue la alta contaminación de Lima, pues los valores de material particulado (PM 2,5) estaban por encima de la norma tanto del Perú (20 ug/m³) como de la OMS (10 ug/m³). Esto ha salido a relucir con el informe de OMS (1) que indica que Lima tiene la mayor contaminación del aire exterior por el PM 2,5 (materia particulada mayor de 2,5 micrones) de América Latina (38 ug/m³). El mismo reporte muestra que la zona de Lima Norte es la más contaminada de Lima. Dado los hallazgos de la pendiente exposición-respuesta (PM 2,5-muerte) de otros países (3), y el nivel promedio de PM 2,5 en el aire de Lima en los últimos 10 años, en exceso a la norma de OMS (50 ug/m³ frente a 10 ug/m³), estimamos que el riesgo relativo de los habitantes de Lima para la muerte cardiopulmonar sería 1,25. Usando la fórmula para calcular la fracción atribuible (4), hemos calculado que en Lima el nivel excesivo de PM 2,5 resulta en aproximadamente 2300 muertes prematuras anuales. (p. 398)

La medición de las partículas finas de 2,5 micrómetros o menos de diámetro (PM 2,5) es considerado como el mejor indicador del nivel de riesgos para la salud derivados de la contaminación del aire.

Además, entre las personas que usan combustible de biomasa en la cocina, como leña, bosta, o champa, que representa aproximadamente 10 millones de personas, estimamos que la exposición a PM 2,5 dentro de las casas (promedio 100 ug/m³) resulta en aproximadamente 3000 muertes anuales prematuras entre adultos, sin contar otro número no conocido de muertes entre niños por enfermedades respiratorias, principalmente neumonía.

Por todo ello, entre crecimiento económico y contaminación del ambiente se puede establecer una relación a priori causa y efecto, la hipótesis de que el rápido crecimiento económico puede solucionar los problemas ambientales y puede por tanto posponerse su atención no parece sostenerse con la evidencia empírica, pero ello no implica desde luego que sea necesario imponer restricciones al crecimiento económico sino consideración especial atención los estilos de desarrollo y patrones de vida.

En efecto, la evidencia disponible sobre la relación entre crecimiento económico y ambiente es compleja, no lineal y con resultados específicos dependiendo del tipo de

contaminante o recurso natural, del país, del punto de inflexión, del nivel, tipo y características y composición estructural, de las tecnologías, del ritmo de crecimiento económico, de la intensidad del producto a insumos, de las regulaciones y políticas públicas y de la política fiscal correspondiente y de factores socio-culturales y demográficos e incluso de la forma urbana.

Situación que ha permitido plantear la siguiente interrogante de investigación: Cómo influye el crecimiento económico en los niveles de contaminación ambiental en el Perú en el período 2000 - 2014?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Explicar la influencia del crecimiento económico en los niveles de contaminación ambiental en el Perú 2000 - 2014

1.2.2. Objetivos específicos

Identificar los factores del crecimiento económico que generan contaminación en el Perú

Medir los efectos del crecimiento económico en los niveles de contaminación ambiental usando la curva de Kunitz

Proponer políticas tendientes a remediar el ambiente.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis general

El mayor crecimiento económico genera un mayor nivel de contaminación del ambiente.

1.3.2. Hipótesis específica

Los factores del crecimiento económico que explican los mayores niveles de contaminación ambiental son: el crecimiento industrial, la minería, la deforestación y el mayor consumo de hidrocarburos.

Los mayores niveles de crecimiento económico y los altos niveles de emisión medidos a través de la curva de Kunitz indican una relación creciente.

II. ASPECTO METODOLÓGICO

2.1. Variables

Variable: Contaminación ambiental

Concepto: Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos.

Indicadores: Concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, medida en partes por millón (ppm)

Variable: Crecimiento económico

Concepto: Incremento porcentual del producto bruto interno de una economía en un período de tiempo.

Indicadores: Producto bruto interno per cápita en términos monetarios constantes

2.2. Operacionalización de la variable.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA MEDIDA
Contaminación ambiental	Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población.	Medición de agentes contaminantes presentes en el aire	Concentración de dióxido de carbono (CO ₂) en la atmósfera, medida en partes por millón (ppm)	Cardinal
Crecimiento Económico	Incremento porcentual del producto bruto interno de una economía en un período de tiempo.	Medición de la producción de bienes y servicios finales al interior de un país.	PBI per cápita en términos monetarios	Cardinal

2.3. Metodología: Cuantitativa

Según el enfoque investigativo es cuantitativo. Hernández, Fernández y Baptista (2010), refiere que el enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base a la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

2.4. Tipo de estudio

Según su carácter. Constituyó un estudio descriptivo correlacional. Hernández et al. (2003) indica que “los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a análisis”. El presente estudio es descriptivo, en tanto que aporta información sobre la contaminación y el crecimiento económico

El tipo de estudio corresponde a una investigación cuantitativa, es descriptiva correlacional.

2.5. Diseño

La investigación tiene un diseño no experimental, de corte longitudinal y descriptivo.

Es no experimental porque no se manipula la variable, es longitudinal porque la información es recogida en un periodo de tiempo y descriptiva, su diseño es:

M ----- O

Donde M = Datos sobre crecimiento económico y contaminación en el Perú.

O = Datos sobre PBI per cápita y niveles de contaminación CO2 ppm

2.6. Población y muestra

La población estuvo conformada por los datos de producción bruta interna del Perú correspondientes al período de estudio y por los datos de contaminación del aire.

La muestra estuvo conformada por el producto bruto interno per cápita correspondiente al período de estudio y por los datos de contaminación del aire expresados en emisión CO2 en ppm.

2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos	Informantes
La observación	Recolección secundaria de datos estadísticos	BCRP, INEI, OMS

Instrumento:

De su validación. Los datos estadísticos sobre el producto bruto interno y sobre los niveles de contaminación del aire usado, están validados por los procedimientos de

recolección y pruebas estadísticas de análisis de varianza que usan el BCRP, el INEI y LA Organización Mundial de la Salud, por lo tanto son datos validados.

De su confiabilidad. Los valores de los datos han sido contrastados con instrumentos estadísticos, por lo tanto sus niveles de confianza superan el 95%

2.9 Consideraciones éticas

Previa al uso de los datos estadísticos, se verifico que su uso es de carácter público sin restricción alguna, siempre que se cite su procedencia.

2.10. Técnicas de análisis de datos

Para la contrastación de la hipótesis se va a utilizar el siguiente modelo de regresión que explica la relación existente entre el crecimiento económico y el nivel de contaminación del ambiente.

$$Y_{ij} = a_{ij} + B_1 Y_{i,t} + B_2 Y_{i,t}^2 + B_3 Y_{i,t}^3 + B_4 Z_{i,t} + e_{i,t}$$

Donde:

a_{ij} = Constante de la recta de regresión

$\beta_1, \beta_2, B_3, B_4$ = Parámetros de los coeficientes de variación parcial para cada una de las variables independientes. Estos van ha representar la estimación del cambio en la variación de la variable dependiente que pueda atribuirse a un incremento en una unidad en la variable independiente.

μ_j = error aleatorio.

Contrastación de la Hipótesis

Coefficiente de correlación > 0.85

f estadístico < 0.05

Estadístico de Durbin y Watson

III. RESULTADOS

La ecuación econométrica regresionada es la siguiente:

$$E = \alpha_0 + \beta_1 \text{PBIpc} + \beta_2 \text{PBI}^2 \text{pc} + \beta_3 \text{PBI}^3 \text{pc} + \beta_4 Z + e$$

Dónde: α_0 representa la constante que trata de captar el efecto del conjunto de variables diferentes al crecimiento económico que explican la contaminación del aire.

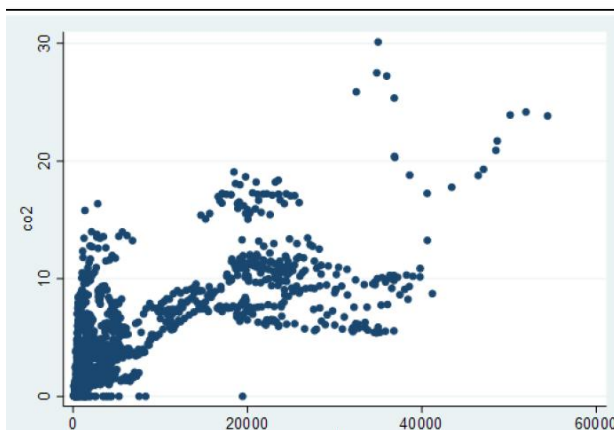
$$EP = 42.37 + 0.38 (\text{PBIpc}) + 0.0012 (\text{PBI}^2 \text{pc}) + 0.0002 (\text{PBI}^3 \text{pc}) + 0.38 (Z)$$

$$R^2 = 0.89$$

$$F\text{-Statistic} = 143$$

$$\text{Durbin Watson} = 1.78$$

Fig. 1: Tabla de dispersión



Fuente: elaborado por el autor

En la figura N° 1 se observa que el 75.3 % de las observaciones se encuentran en un nivel de ingreso per cápita entre 0 a 10,000 dólares, a su vez el 88.23% de la muestra se encuentra en dicho nivel de ingreso. Hacia la derecha se puede observar que la distribución sube a la parte superior, estando el punto más alto en los niveles de

contaminación entre 30 a 35 ppm y el nivel de ingreso entre 32,000 a 38,000 dólares, observándose en ese punto una inflexión.

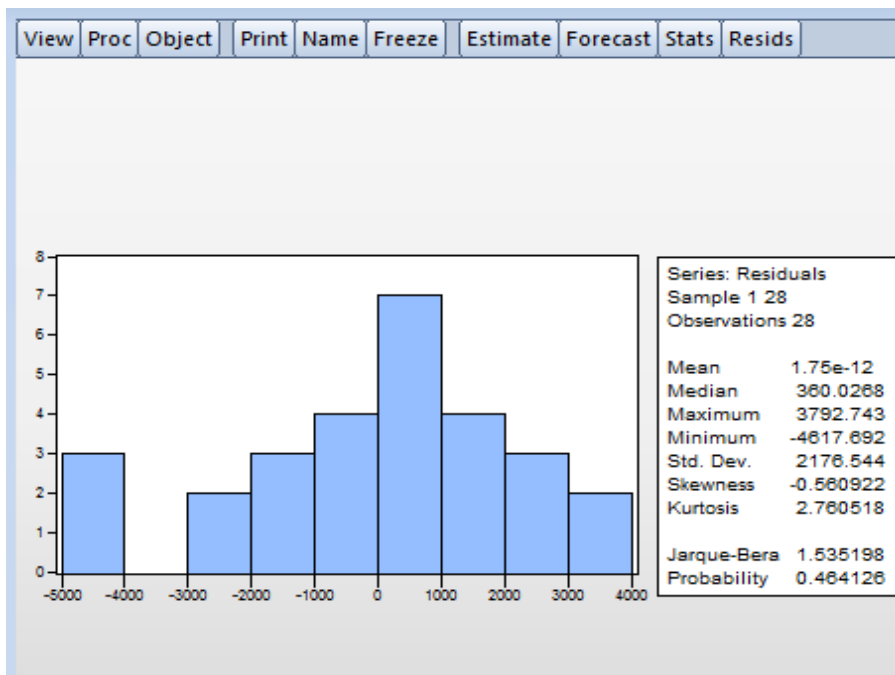
Cuadro N° 2: Prueba de Jarque – Bera

Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.
1	0.330698	0.473899	1	0.4912
2	-0.266608	0.308012	1	0.5789
Joint		0.781912	2	0.6764

Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	2.178702	0.730742	1	0.3926
2	2.771497	0.056565	1	0.8120
Joint		0.787307	2	0.6746

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	1.204641	2	0.5475
2	0.364577	2	0.8334
Joint	1.569218	4	0.8143

Cuadro N° 3: Series residuales



En los cuadros N° 2 y 3 se observa que se cumple con el supuesto de Normalidad con la prueba de Jaque-Bera por ser los datos menor de 30, con una probabilidad mayor del 5%.

Cuadro N° 4: Supuesto de homocedasticidad

View	Proc	Object	Print	Name	Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Resids
Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey									
F-statistic		0.023974		Prob. F(1,26)		0.8781			
Obs*R-squared		0.025794		Prob. Chi-Square(1)		0.8724			
Scaled explained SS		0.019578		Prob. Chi-Square(1)		0.8887			
Test Equation:									
Dependent Variable: RESID^2									
Method: Least Squares									
Date: 07/28/16 Time: 20:19									
Sample: 1 28									
Included observations: 28									
Variable		Coefficient		Std. Error		t-Statistic		Prob.	
C		5424651.		5657856.		0.958782		0.3465	
PBI_PERCAPITA_S_		-91.45659		590.6724		-0.154835		0.8781	
R-squared		0.000921		Mean dependent var		4568153.			
Adjusted R-squared		-0.037505		S.D. dependent var		6172456.			
S.E. of regression		6287139.		Akaike info criterion		34.21466			
Sum squared resid		1.03E+15		Schwarz criterion		34.30982			
Log likelihood		-477.0052		Hannan-Quinn criter.		34.24375			
F-statistic		0.023974		Durbin-Watson stat		0.665375			
Prob(F-statistic)		0.878147							

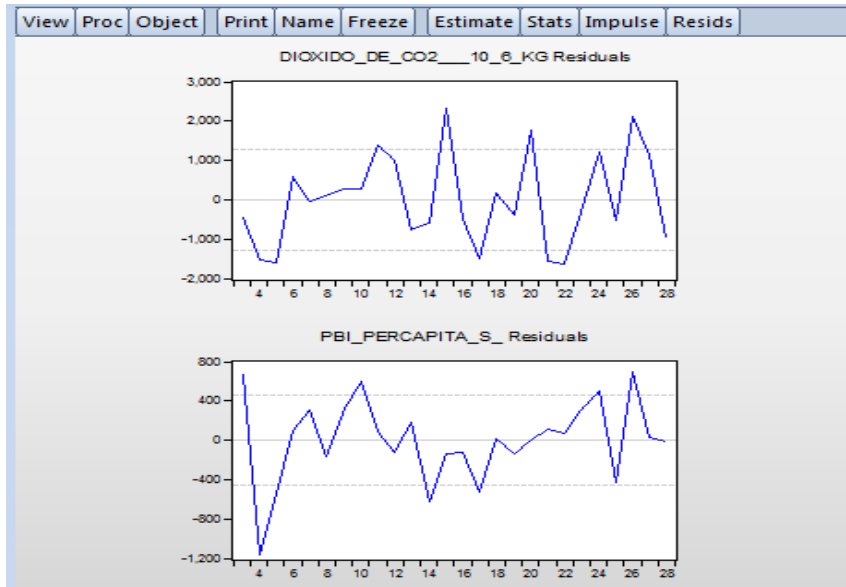
En el cuadro N° 4 se observa que se cumple con el supuesto de Homocedasticidad con Test Breusch-Pagan-Godfrey, con una probabilidad mayor del 5%.

Cuadro N° 5: Modelo

Dependent Variable: DIOXIDO_DE_CARBONO_CO2				
Method: Least Squares				
Date: 06/16/16 Time: 16:34				
Sample: 2000 2014				
Included observations: 15				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PBI_MILLONES_DE_SOLES	-0.838065	0.285835	-2.931992	0.0136
PBI_MILLONES_DE_SOLES^2	2.54E-06	8.56E-07	2.968970	0.0128
PBI_MILLONES_DE_SOLES^3	-2.35E-12	8.30E-13	-2.825373	0.0165
C	108186.3	30821.38	3.510106	0.0049
R-squared	0.956151	Mean dependent var	25168.21	
Adjusted R-squared	0.944192	S.D. dependent var	4524.579	
S.E. of regression	1068.869	Akaike info criterion	17.00977	
Sum squared resid	12567301	Schwarz criterion	17.19858	
Log likelihood	-123.5733	Hannan-Quinn criter.	17.00776	
F-statistic	79.95405	Durbin-Watson stat	1.339751	
Prob(F-statistic)	0.000000			

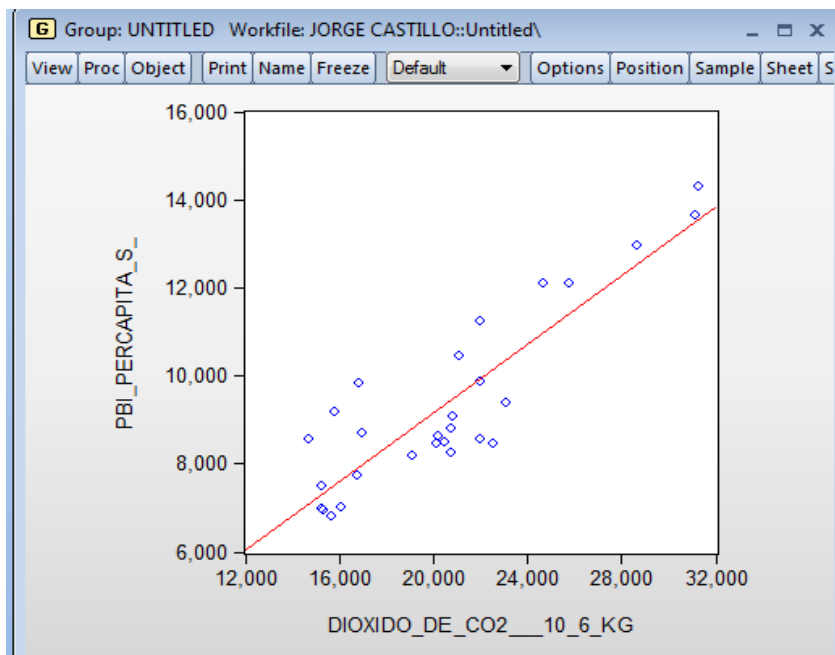
El cuadro N° 5 nos muestra el modelo regresionado.

Grafico N° 1: Grafico de variables



El grafico N°1 nos muestra el gráfico de las variables

Cuadro N° 6: Grafico del modelo de regresión



IV DISCUSIÓN

En la sociedad actual el crecimiento económico ha permitido elevar la esperanza de vida, disminuir las tasas de mortalidad infantil, mejorar las condiciones de salud e higiene, elevar los niveles culturales y otros tantos aspectos que hacen que el nivel de vida de cualquier ciudadano medio este por encima de los niveles del pasado reciente. Sin embargo haber conseguido éstas ventajas ha significado elevar la presión sobre el ambiente experimentando pérdida de biodiversidad, la polución del aire, el cambio climático, la deforestación, agotamiento de recursos naturales y pérdida de calidad de vida asociada a una actividad económica intensa.

Esto hace que el crecimiento económico y la conservación del medioambiente sean temas vigentes y de interés nacional e internacional, la literatura identifica al respecto dos corrientes, la primera que dice que la explotación de los recursos naturales y la degradación del medioambiente están creciendo a un ritmo acelerado y el crecimiento demográfico agrava el proceso, por lo que los indicadores de crecimiento económico y medio ambiente no son compatibles; la segunda corriente señala que la escasez de alimentos y recursos naturales ha sido siempre contrarrestada por la acumulación de conocimientos y los aumentos de eficiencia en los procesos agrícolas e industriales y no ven razones para pensar que esto deba cambiar. Si no hay límites en la creación de ideas, el crecimiento sostenible se puede conseguir. Las investigaciones tratan de establecer bajo qué condiciones es posible lograr un crecimiento sostenible, es decir un equilibrio entre el ambiente y el crecimiento económico.

Los resultados de la regresión indican que el crecimiento económico medido a través del Producto Bruto Interno per cápita explica el aumento de los niveles de la contaminación ambiental, es decir los niveles de contaminación están aumentando conforme se va creciendo económicamente.

De acuerdo a los resultados un aumento en 1% en el PBI per cápita significa una aumento de los niveles de contaminación en 0.38 ppm, así mismo cuando se relaciona la variable PBIpc elevándola al cuadrado y al cubo se obtiene

coeficientes cercanos a cero, resultados que coinciden con la teoría de la Curva de Kunz, por otro lado el punto de inflexión que se da en los niveles de ingresos comprendidos entre 32,000 a 38,000 dólares nos indica que el valor del PBI per cápita, a partir del cual el crecimiento económico no va a incrementar la contaminación es de aproximadamente 34,300 dólares, valor actualmente alto para el Perú, es decir que actualmente conseguir un nivel de ingreso per cápita cercano a los 34, 000 dólares es difícil conseguir.

El valor de R² de 0.77, F statistic igual a 143 y el estadístico de Durbin y Watson igual a 1.78 validan la participación del crecimiento económico en el aumento de los niveles de contaminación, éstos resultados concuerdan con los resultados de la investigación de Cristian Oviedo Gonzales, cuando señala que los niveles de contaminación crecen a medida que se logra un mayor crecimiento económico, su investigación afirma que Colombia tendrá un incremento de la contaminación hasta que el nivel del PBI per cápita supere los 30, 000 dólares, de igual forma con la investigación de Adolfo Figueroa cuando señala que a mayor rapidez del crecimiento económico tal como lo explica el modelo entrópico.

Los resultados también indican que estamos en la etapa creciente de la curva de Kuznets, que implica un mayor deterioro del ambiente, resultado que concuerda con la investigación de Correa y Vasco cuando afirma que la curva de Kuznets es una U invertida, lo que significa que habrá mayor contaminación mientras haya crecimiento económico hasta su punto de inflexión.

Los resultados del modelo econométrico, refuerzan la hipótesis planteada en el sentido de que existe una relación entre las variables educativas y la pobreza.

CONCLUSIONES

El crecimiento económico medido a través del crecimiento del PBI influye en los niveles de contaminación ambiental medido a través de la contaminación del aire, un aumento en 1% en el PBI per cápita significa un aumento de los niveles de contaminación ambiental en 0.38 ppm.

La curva de Kuznetz nos indica que el Perú está en una fase de crecimiento económico por lo que su impacto en la contaminación es alta, el punto de inflexión de la curva se da en el rango de los 32,000 a 38,000 dólares como ingreso per cápita, es decir la contaminación ambiental va a empezar a disminuir cuando el ingreso per cápita llegue a ese nivel indicado.

Referencias

- CEPAL. (2011). *La economía del cambio climático en Centroamérica*. Informe Técnico, Mexico.
- Correa, F., & Vasco, A. y. (2005). La curva medioambiental de Kuznets: Evidencia empírica para Colombia. *Semestre Económico*, 40-43.
- Ekins, P. (1999). *Economic Growth and environmental sustainability. The prospects for green growth*. Routledge.
- Figueroa, A. (2011). Crecimiento económico y medio ambiente. *Revista CEPAL 109*, 29-42.
- Gonzales, G., & Steenland, K. (2014). La salud ambiental en el Perú. *Revista Perú Médico*, 31(2), 398-399. Recuperado el 20 de Mayo de 2015, de <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342014000200038&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1726-4634.
- Grossman, G., & A, K. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 353-377.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press.
- National Oceanic and atmospheric administration. (2010). *Informe medio Ambiente*. Washington: NOAA.
- Selden, M., & Thomas y Song, D. (1994). Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions. *Journal of environmental economics and management*, 147-162.
- Shafix, N. (1994). Economic Development and environmental quality: An econometric analysis. *Oxford Economic Papers*, 757-773.

ANEXO N° 1

Información usada

AIRE

PRESENCIA DE CONTAMINANTES DEL AIRE POR TIPO, 1985-2012

Año	Dióxido de carbono CO ₂	Monóxido de carbono CO	Óxido de nitrógeno NO _x	Óxido de azufre SO _x	Partículas	Metano CH ₄
	10 ⁶ kg.	10 ⁶ kg.	10 ³ Toneladas	10 ³ Toneladas	10 ³ Toneladas	10 ³ Toneladas
1985	14,716.6	1,060.0	88.5	82.5	117.5	40.6
1986	15,803.3	1,044.6	91.9	86.6	112.4	38.5
1987	16,867.8	760.1	52.7	31.1	86.6	36.9
1988	16,991.6	733.2	52.5	31.2	83.2	35.7
1989	15,247.4	691.1	48.3	29.0	80.1	34.4
1990	15,351.3	684.1	49.8	28.3	78.4	33.7
1991	15,237.3	655.9	47.4	31.1	76.2	32.4
1992	15,686.8	642.6	50.0	35.2	74.7	31.7
1993	16,080.5	622.5	51.1	35.4	72.8	30.6
1994	16,772.1	616.7	55.1	36.2	71.4	30.2
1995	19,142.7	610.0	61.0	39.8	70.9	30.0
1996	20,796.8	617.2	64.5	42.8	70.5	29.8
1997	20,197.3	599.7	64.4	42.5	69.8	29.5
1998	20,146.2	599.6	64.7	43.4	69.1	28.9
1999	22,524.0	598.0	69.4	47.5	69.1	29.0
2000	21,984.4	587.2	68.9	49.3	68.9	28.8
2001	20,508.6	571.4	65.2	45.5	67.7	28.4
2002	20,737.5	579.3	64.4	49.7	68.8	28.9
2003	20,843.2	569.8	66.5	51.5	68.3	28.6
2004	23,119.9	601.5	77.2	53.9	72.9	29.9
2005	21,980.1	585.1	71.5	52.4	70.2	28.2
2006	21,087.1	660.4	74.6	44.3	79.6	33.0
2007	21,973.6	663.3	75.3	52.9	79.4	32.8
2008	24,713.9	668.7	89.6	51.5	77.9	32.9
2009	25,811.0	688.4	92.6	52.6	77.9	33.6
2010	28,641.2	704.6	105.9	43.9	78.5	34.8
2011	31,139.5	702.7	111.6	45.8	78.7	34.6
2012	31,258.0	696.0	114.6	45.7	77.5	35.2

Nota: Emisiones estimadas a partir del consumo de combustibles por sectores a nivel nacional (consumo final de energía comercial).

10⁶ kilogramos: Mil toneladas.

1 Tonelada = 1 000 kilogramos.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Perú. Of. Planeamiento, presupuesto, estadística e informática

Variables usadas

Años	Dióxido de carbono CO2	PBI percapita	PBI percapita	PBI percapita	N° personas
	(Y)	(X)	(X)^2	(X)^3	(Z)
	10 ⁶ kg.	S/	S/	S/	Unid.
1985	14,716.60	8,567	73,396,596	628,801,946,606	19,518,555
1986	15,803.3	9,165	83,992,149	769,764,780,423	19,965,797
1987	16,867.8	9,834	96,702,398	950,946,021,912	20,417,262
1988	16,991.6	8,712	75,903,140	661,286,431,784	20,869,717
1989	15,247.4	7,478	55,924,633	418,219,924,326	21,319,883
1990	15,351.3	6,961	48,448,620	337,226,826,971	21,764,515
1991	15,237.3	6,974	48,639,054	339,217,052,984	22,203,931
1992	15,686.8	6,803	46,277,807	314,817,713,137	22,640,305
1993	16,080.5	7,025	49,353,135	346,714,585,835	23,073,150
1994	16,772.1	7,746	59,999,006	464,746,453,428	23,501,974
1995	19,142.7	8,172	66,788,604	545,825,157,495	23,926,300
1996	20,796.8	8,256	68,155,312	562,664,566,247	24,348,132
1997	20,197.3	8,641	74,673,504	645,282,368,866	24,767,794
1998	20,146.2	8,466	71,671,079	606,758,560,548	25,182,269
1999	22,524.0	8,456	71,504,105	604,639,420,715	25,588,546
2000	21,984.4	8,552	73,133,647	625,425,873,789	25,983,588
2001	20,508.6	8,480	71,905,126	609,733,103,299	26,366,533
2002	20,737.5	8,817	77,747,334	685,532,829,985	26,739,379
2003	20,843.2	9,061	82,107,455	744,001,633,011	27,103,457
2004	23,119.9	9,387	88,117,338	827,164,814,444	27,460,073
2005	21,980.1	9,851	97,048,839	956,060,817,359	27,810,540
2006	21,087.1	10,465	109,511,131	1,146,007,340,181	28,151,443
2007	21,973.6	11,224	125,987,747	1,414,140,184,836	28,481,901
2008	24,713.9	12,111	146,666,241	1,776,213,800,769	28,807,034
2009	25,811.0	12,107	146,572,566	1,774,512,387,050	29,132,013
2010	28,641.2	12,969	168,185,445	2,181,135,330,922	29,461,933
2011	31,139.5	13,634	185,880,685	2,534,261,328,462	29,797,694
2012P/	31,258.0	14,308	204,733,013	2,929,421,182,595	30,135,875

Fuente:

Ministerio de energía y minas

BCRP

INEI